

**MAGNETIC RECORDING MEDIUM, ITS MANUFACTURING METHOD, AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE**

**Patent number:** JP2004310910  
**Publication date:** 2004-11-04  
**Inventor:** SAKAWAKI AKIRA; SHIMIZU KENJI; KOBAYASHI KAZUO;  
SAKAI HIROSHI; OIKAWA SOICHI; IWASAKI TAKAYUKI;  
MAEDA TOMOYUKI; NAKAMURA FUTOSHI  
**Applicant:** SHOWA DENKO KK; TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO  
**Classification:**  
**- International:** **G11B5/64; G11B5/66; G11B5/738; G11B5/84; G11B5/851;  
H01F10/16; G11B5/62; G11B5/64; G11B5/66; G11B5/84;  
H01F10/12; (IPC1-7): G11B5/66; G11B5/64; G11B5/738;  
G11B5/84; G11B5/851; H01F10/16**  
**- european:**  
**Application number:** JP20030103454 20030407  
**Priority number(s):** JP20030103454 20030407

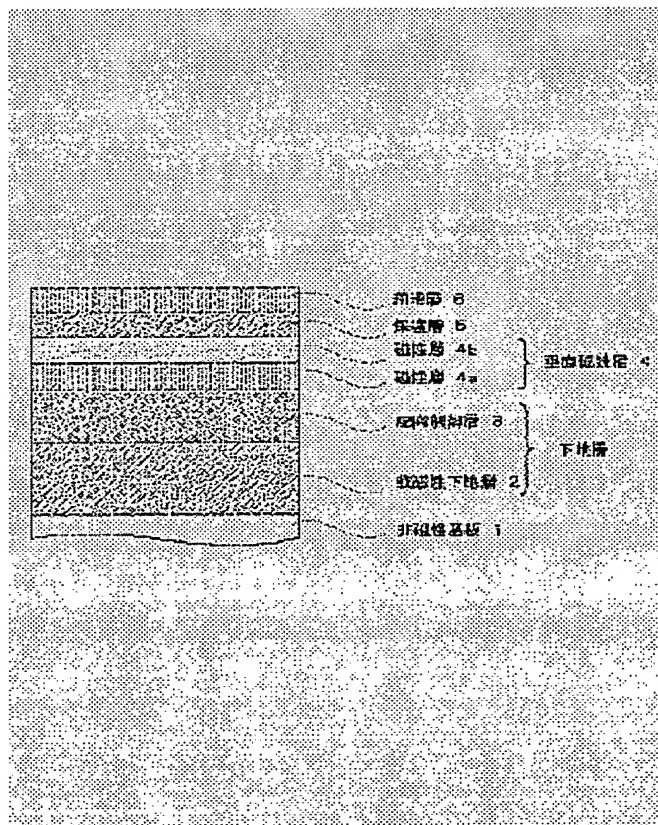
Report a data error here

**Abstract of JP2004310910**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance recording and reproducing characteristics and thermal fluctuation characteristics and to perform high density information recording and reproduction, in a magnetic recording medium.

**SOLUTION:** The magnetic recording medium wherein at least a orientation controlling layer 3 controlling orientation properties of a directly upper layer, a vertical magnetic layer 4 whose easily magnetized axis is oriented principally vertically to a non-magnetic substrate 1 and a protective layer 5 are provided on the non-magnetic substrate 1 is characterized in that the vertical magnetic layer 4 consists of two or more magnetic layers and at least one layer of the magnetic layers consists of a layer 4a consisting essentially of Co and containing Pt and an oxide and at least one another layer consists of a layer 4b consisting essentially of Co, containing Cr and containing no oxide.

**COPYRIGHT:** (C)2005,JPO&NCIPI



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-310910

(P2004-310910A)

(43) 公開日 平成16年11月4日(2004.11.4)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F1

テーマコード(参考)

G11B 5/66

G11B 5/66

5D006

G11B 5/64

G11B 5/64

5D112

G11B 5/738

G11B 5/738

5E049

G11B 5/84

G11B 5/84

Z

G11B 5/851

G11B 5/851

審査請求 有 請求項の数 26 O L (全 76 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2003-103454(P2003-103454)

(22) 出願日

平成15年4月7日(2003.4.7)

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100082669

弁理士 福田 賢三

(74) 代理人 100095337

弁理士 福田 伸一

(74) 代理人 100061642

弁理士 福田 武通

(72) 発明者 坂脇 彰

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】記録再生特性、熱揺らぎ特性を向上させ、高密度の情報記録再生を行えるようにする。

【解決手段】この発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上1に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層3と、磁化容易軸が非磁性基板1に対し主に垂直に配向した垂直磁性層4と、保護層5とが設けられた磁気記録媒体において、垂直磁性層4は、2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層がCoを主成分とするとともにPtを含み、酸化物を含んだ層4aであり、他の少なくとも1層がCoを主成分とするとともにCrを含み、酸化物を含まない層4bからなることを特徴としている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体において、

前記垂直磁性層は、2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層がCoを主成分とするとともにPtを含み、酸化物を含んだ層であり、他の少なくとも1層がCoを主成分とするとともにCrを含み、酸化物を含まない層からなることを特徴とする磁気記録媒体。

## 【請求項 2】

前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いている、ことを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。 10

## 【請求項 3】

前記酸化物が、Cr、Si、Ta、Al、Tiの中から選ばれる1種類以上の非磁性金属の酸化物であることを特徴とする請求項1または2のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 4】

前記酸化物が、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>のいずれかからなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 5】

前記酸化物を含んだ磁性層における酸化物の含有量が、3mol%以上12mol%以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。 20

## 【請求項 6】

前記酸化物を含む磁性層は、Coを主成分とし、Cr含有量が0at%以上16at%以下、Pt含有量が10at%以上25at%以下であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 7】

前記酸化物を含む磁性層が、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8at%以下であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 8】

前記酸化物を含まない磁性層が、Coを主成分とし、Cr含有量が14at%以上30at%以下であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。 30

## 【請求項 9】

前記酸化物を含まない磁性層が、Coを主成分とし、Cr含有量が14at%以上30at%以下、Pt含有量が8at%以上20at%以下であることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 10】

前記酸化物を含まない磁性層が、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8at%以下であることを特徴とする請求項1ないし9のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。 40

## 【請求項 11】

前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 12】

前記垂直磁性層が、酸化物を含む層を2層以上含んでいることを特徴とする請求項1ないし11のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 13】

前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を2層以上含んでいることを特徴とする請求項1ないし12のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。 50

## 【請求項 14】

前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 13 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 15】

前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の結晶粒子と酸化物を含まない磁性層の結晶粒子とが、1対1、1対複数、あるいは複数対1で対応するように存在し、上層に設けられた磁性層の結晶粒子は下層に設けられた磁性層の結晶粒子からエピタキシャル成長していることを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 16】

非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体の製造方法において、

前記垂直磁性層を2層以上の磁性層で形成し、少なくとも1層をCoを主成分とするとともにPtを含み、酸化物を含んだ層とし、他の少なくとも1層をCoを主成分とするとともにCrを含み、酸化物を含まない層とすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 17】

前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いていることを特徴とする請求項 16 に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 18】

前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 16 または 17 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 19】

前記垂直磁性層は、酸化物を含む層を2層以上含んでいることを特徴とする請求項 16 ないし 18 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 20】

前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を2層以上含んでいることを特徴とする請求項 16 ないし 19 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 21】

前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴とする請求項 16 ないし 20 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 22】

前記垂直磁性層が、酸化物を含む磁性層の結晶粒子と酸化物を含まない磁性層の結晶粒子とが、1対1、1対複数、あるいは複数対1で対応するように存在し、上層に設けられた磁性層の結晶粒子は下層に設けられた磁性層の結晶粒子からエピタキシャル成長していることを特徴とする請求項 16 ないし 21 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 23】

前記垂直磁性層を形成する際、成膜ガスに酸素ガスを添加することを特徴とする請求項 16 ないし 22 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

## 【請求項 24】

磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気記録媒体が請求項 1 ないし 15 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気



記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

磁気記録再生装置の一種であるハードディスク装置（HDD）は、現在その記録密度が年率60%以上で増えており今後もその傾向は続くと言われている。そのために高記録密度に適した磁気記録用ヘッドの開発、磁気記録媒体の開発が進められている。

【 0 0 0 3 】

現在、市販されている磁気記録再生装置に搭載されている磁気記録媒体は、主に、磁性膜内の磁化容易軸が基板に対して水平に配向した面内磁気記録媒体である。ここで磁化容易軸とは、磁化の向き易い軸のことであり、Co基合金の場合、Coのhcp構造のc軸のことである。 10

【 0 0 0 4 】

このような面内磁気記録媒体では、高記録密度化すると記録ビットの1ビットあたりの磁性層の体積が小さくなりすぎ、熱揺らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ビット間の境界領域で発生する反磁界の影響により媒体ノイズが増加する傾向がある。

【 0 0 0 5 】

これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、記録ビット間の境界領域における反磁界の影響が小さく、鮮明なビット境界が形成されるため、ノイズの増加が抑えられる。しかも、高記録密度化に伴う記録ビット体積の減少が少なくすむため、熱揺らぎ効果にも強い。そこで、近年大きな注目を集めており、垂直磁気記録に適した媒体の構造が提案されている。 20

【 0 0 0 6 】

近年では、磁気記録媒体の更なる高記録密度化という要望に応えるべく、垂直磁性層に対する書きこみ能力に優れている単磁極ヘッドを用いることが検討されている。そのような単磁極ヘッドに対応するために、記録層である垂直磁性層と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設けることにより、単磁極ヘッドと、磁気記録媒体の間の磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のように単に裏打ち層を設けた磁気記録媒体を用いた場合では、記録再生時の記録再生特性や、熱揺らぎ耐性、記録分解能において満足できるものではなく、これら特性に優れる磁気記録媒体が要望されていた。 30

【 0 0 0 8 】

とりわけ記録再生特性として重要な再生時における信号とノイズの比（S/N比）を大きくする高S/N化と、熱揺らぎ耐性の向上の両立は、これからの高記録密度化においては必須事項である。しかし、この2項目は相反する関係を有し、一方を向上させれば、一方が不十分になり、高レベルでの両立は重要な課題となっている。

【 0 0 0 9 】

垂直磁気記録媒体の問題の一つとして、記録再生を行う磁性層に一般的なCoCrPt系の磁性層を用いると、Crの偏析が不十分であり、磁性粒子の物理的な分離、微細化および磁気的な孤立化が不十分となるため、良好な記録再生特性が得られにくい、ということがあげられる。 40

【 0 0 1 0 】

一方で、面内磁気記録媒体の磁性層でCoCrPtに酸化物を含んだ材料を利用することが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【 0 0 1 1 】

【特許文献1】

特開2000-276729公報

【 0 0 1 2 】

このような磁性層は、C r 偏析による代りに酸化物を使うことで、垂直磁気記録媒体でもある程度十分な粒分離が可能である。

【 0 0 1 3 】

しかし、上記のような媒体では、材料中の C r 添加量を減らし、代りに酸化物を添加した材料を用いるが、C r 添加量が少ないため磁性層中の磁性粒子中の P t 比率が多くなり、磁性粒子の磁気異方性定数 K u が大きくなるため、磁性層の保磁力が大きくなりすぎ、ヘッドによるデータの記録が十分行えない、といった問題がある。

【 0 0 1 4 】

そこで、磁性層の厚さを薄くする、C r 添加量を増加させる、といった手法により、磁性層の保磁力を下げ、十分な記録をおこなう方法をとる必要がある。一方で、磁性層の薄膜化や C r 含有量の増加による磁性粒子の磁気異方性定数 K u 低下さらには保磁力、逆磁区核形成磁界を低下させるということは、熱揺らぎ特性の劣化を招く。さらには、データを再生する際の出力が小さくなるため、記録再生システム固有のシステムノイズとの比が小さくなり、十分な再生特性が得られなくなるおそれがある。その結果、高密度記録に適さない特性となってしまう。

【 0 0 1 5 】

よって、熱揺らぎ特性の向上と、高密度記録に十分な記録再生特性、特に良好なデータの記録特性と高い再生時における信号とノイズの比 ( S / N 比 ) をもった磁気記録媒体が望まれている。

【 0 0 1 6 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、記録再生特性、熱揺らぎ特性を向上させ、高密度の情報記録再生が可能な磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

【 0 0 1 8 】

( 1 ) 非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層が C o を主成分とするとともに P t を含み、酸化物を含んだ層であり、他の少なくとも1層が C o を主成分とするとともに C r を含み、酸化物を含まない層からなることを特徴としている。

【 0 0 1 9 】

( 2 ) ( 1 ) に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いている、ことを特徴としている。

【 0 0 2 0 】

( 3 ) ( 1 ) または ( 2 ) のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物が、C r、S i、T a、A l、T i の中から選ばれる1種類以上の非磁性金属の酸化物であることを特徴としている。

【 0 0 2 1 】

( 4 ) ( 1 ) 乃至 ( 3 ) のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物が、C r<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、S i O<sub>2</sub> のいずれかからなることを特徴としている。

【 0 0 2 2 】

( 5 ) ( 1 ) 乃至 ( 4 ) のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含んだ磁性層における酸化物の含有量が、3 m o l % 以上 1 2 m o l % 以下であることを特徴としている。

【 0 0 2 3 】

( 6 ) ( 1 ) 乃至 ( 5 ) のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含

む磁性層は、C oを主成分とし、C r含有量が0 a t %以上1 6 a t %以下、P t含有量が1 0 a t %以上2 5 a t %以下であることを特徴としている。

【0024】

(7) (1)乃至(6)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含む磁性層が、B、T a、M o、C u、N d、W、N b、S m、T b、R u、R eのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8 a t %以下であることを特徴としている。

【0025】

(8) (1)乃至(7)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含まない磁性層が、C oを主成分とし、C r含有量が1 4 a t %以上3 0 a t %以下であることを特徴としている。 10

【0026】

(9) (1)乃至(8)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含まない磁性層が、C oを主成分とし、C r含有量が1 4 a t %以上3 0 a t %以下であることを特徴としている。

【0027】

(10) (1)乃至(9)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含まない磁性層が、B、T a、M o、C u、N d、W、N b、S m、T b、R u、R eのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8 a t %以下であることを特徴としている。 20

【0028】

(11) (1)乃至(10)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴としている。

【0029】

(12) (1)乃至(11)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層が、酸化物を含む層を2層以上含んでいることを特徴としている。

【0030】

(13) (1)乃至(12)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を2層以上含んでいることを特徴としている。 30

【0031】

(14) (1)乃至(13)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴としている。

【0032】

(15) (1)乃至(14)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の結晶粒子と酸化物を含まない磁性層の結晶粒子とが、1対1、1対複数、あるいは複数対1で対応するように存在し、上層に設けられた磁性層の結晶粒子は下層に設けられた磁性層の結晶粒子からエピタキシャル成長していることを特徴としている。

【0033】

(16) 非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層を2層以上の磁性層で形成し、少なくとも1層をC oを主成分とするとともにP tを含み、酸化物を含んだ層とし、他の少なくとも1層をC oを主成分とするとともにC rを含み、酸化物を含まない層とすることを特徴としている。 40

【0034】

(17) (16)に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いていることを特徴としている。 50

【0035】

(18) (16) または (17) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴としている。

【0036】

(19) (16) 乃至 (18) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む層を 2 層以上含んでいることを特徴としている。

【0037】

(20) (16) 乃至 (19) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を 2 層以上含んでいることを特徴としている。

10

【0038】

(21) (16) 乃至 (20) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴としている。

【0039】

(22) (16) 乃至 (21) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層が、酸化物を含む磁性層の結晶粒子と酸化物を含まない磁性層の結晶粒子とが、1 対 1、1 対複数、あるいは複数対 1 に対応するように存在し、上層に設けられた磁性層の結晶粒子は下層に設けられた磁性層の結晶粒子からエピタキシャル成長していることを特徴としている。

【0040】

(23) (16) 乃至 (22) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層を形成する際、成膜ガスに酸素ガスを添加することを特徴としている。

20

【0041】

(24) 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気記録媒体が (1) 乃至 (15) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体であることを特徴としている。

【0042】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明における磁気記録媒体の一例の構造を示す縦断面図である。ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板 1 上に、軟磁性下地層 2 と、配向制御層 3 と、垂直磁性層 4 と、保護層 5 と、潤滑層 6 とが順次形成されている。軟磁性下地層 2 と、配向制御層 3 とが下地層を構成している。また、垂直磁性層 4 は磁性層 4 a と磁性層 4 b よりなる。

30

【0043】

非磁性基板 1 としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を用いてもよいし、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を用いてもよい。

【0044】

ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。

40

【0045】

非磁性基板 1 としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いて NiP 層または NiP 合金層が形成されたものを用いることもできる。

【0046】

非磁性基板 1 は、平均表面粗さ Ra が 2 nm (20 Å) 以下、好ましくは 1 nm 以下であることがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から望ましい。

【0047】

また、表面の微小うねり (Wa) が 0.3 nm 以下 (より好ましくは 0.25 nm 以下)

50

であるのがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から好ましい。端面のチャンファ部、面取り部、側面部の少なくとも一方のいずれの表面平均粗さ  $R_a$  が  $10\text{ nm}$  以下（より好ましくは  $9.5\text{ nm}$  以下）のものをを用いることが磁気ヘッドの飛行安定性にとって好ましい。微少うねり ( $W_a$ ) は、例えば、表面荒粗さ測定装置 P-12 (KLM-Tencor 社製) を用い、測定範囲  $80\text{ }\mu\text{m}$  での表面平均粗さとして測定することができる。

【0048】

軟磁性下地層 2 は、磁気ヘッドから発生する磁束の基板に対する垂直方向成分を大きくするために、また情報が記録される垂直磁性層 4 の磁化の方向をより強固に非磁性基板 1 と垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合に、より顕著なものとなるので好ましい。

【0049】

上記軟磁性下地層 2 は、軟磁性材料からなるもので、この材料としては、Fe、Ni、Co を含む材料を用いることができる。

【0050】

この材料としては、FeCo 系合金 (FeCo、FeCoV など)、FeNi 系合金 (FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSi など)、FeAl 系合金 (FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlO など)、FeCr 系合金 (FeCr、FeCrTi、FeCrCu など)、FeTa 系合金 (FeTa、FeTaC、FeTa<sub>2</sub>N など)、FeMg 系合金 (FeMgO など)、FeZr 系合金 (FeZrN など)、FeC 系合金、FeN 系合金、FeSi 系合金、FeP 系合金、FeNb 系合金、FeHf 系合金、FeB 系合金などを挙げるることができる。

【0051】

また Fe を 60 at % 以上含有する FeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrN 等の微結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニューラー構造を有する材料を用いてもよい。

【0052】

軟磁性下地層 2 の材料としては、上記のほか、Co を 80 at % 以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo 等のうち少なくとも 1 種を含有し、アモルファス構造を有する Co 合金を用いることができる。

【0053】

この材料としては、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMo 系合金などを好適なものとして挙げるることができる。

【0054】

軟磁性下地層 2 の保磁力  $H_c$  は  $200\text{ (Oe)}$  以下（好ましくは  $50\text{ (Oe)}$  以下）とするのが好ましい。

【0055】

この保磁力  $H_c$  が上記範囲を超えると、軟磁気特性が不十分となり、再生波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。

【0056】

軟磁性下地層 2 の飽和磁束密度  $B_s$  は、 $0.6\text{ T}$  以上（好ましくは  $1\text{ T}$  以上）とするのが好ましい。この  $B_s$  が上記範囲未満であると、再生波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。

【0057】

また、軟磁性下地層 2 の飽和磁束密度  $B_s\text{ (T)}$  と軟磁性下地層 2 の層厚  $t\text{ (nm)}$  との積  $B_s \cdot t\text{ (T} \cdot \text{nm)}$  が  $20\text{ (T} \cdot \text{nm)}$  以上（好ましくは  $40\text{ (T} \cdot \text{nm)}$  以上）であること好ましい。この  $B_s \cdot t$  が上記範囲未満であると、再生波形が歪みをもつようになり、OW (Over Write) 特性（記録特性）が悪化するため好ましくない。

【0058】

軟磁性下地層 2 の最表面（配向制御層 3 側の面）は、軟磁性下地層 2 を構成する材料が、部分的あるいは完全に酸化されて構成されていることが好ましい。例えば、軟磁性下地層 2 の表面（配向制御層 3 側の面）およびその近傍に、軟磁性下地層 2 を構成する材料が部分的に酸化されるか、もしくは前記材料の酸化物を形成して配されていることが好ましい。

【 0 0 5 9 】

これにより、軟磁性下地層 2 の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減して、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

【 0 0 6 0 】

また、軟磁性下地層 2 上に形成される配向制御層 3 の結晶粒の微細化して、記録再生特性を改善することができる。

【 0 0 6 1 】

この軟磁性下地層 2 の表面の酸化された部分は、例えば軟磁性下地層 2 を形成した後、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地層 2 の表面に近い部分を成膜する際のプロセス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地層 2 の表面を酸素に曝す場合には、酸素単体、あるいは酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガス雰囲気中に 0.3 ～ 20 秒程度保持しておけばよい。また、大気中に曝すこともできる。特に酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地層 2 表面の酸化の度合いの調節が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下地層 2 の成膜用のガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の 1 部のみに酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で 0.05 % ～ 50 %（好ましくは 0.1 ～ 20 %）程度混合したガスが好適に用いられる。

【 0 0 6 2 】

配向制御層 3 は、直上に設けられた垂直磁性層 4 の配向性や粒径を制御するものである。

【 0 0 6 3 】

この材料としては、特に限定されるものではないが、hcp 構造、fcc 構造、アモルファス構造を有するものが好ましい。特に、Ru 系合金、Ni 系合金、Co 系合金、Pt 系合金が特に好ましい。

【 0 0 6 4 】

例として、Ni 系合金であれば、Ni を 33 ～ 80 at % 含む、NiTa 合金、NiNb 合金、NiTi 合金、NiZr 合金から選ばれた少なくとも 1 種類の材料からなることが好ましい。また、Ni を 33 ～ 80 at % 含む、Sc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Ta、C のうち 1 種または 2 種以上を含む非磁性材料であっても良い。この場合、配向制御層としての効果を維持し、磁性を持たない範囲ということで、Ni の含有量は 33 at % ～ 80 at % の範囲であることが好ましい。

【 0 0 6 5 】

このため、本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御層 3 の厚さを 0.5 ～ 40 nm（好ましくは 1 ～ 20 nm）とするのが好ましい。配向制御層 3 の厚さが 0.5 ～ 40 nm（好ましくは 1 ～ 20 nm）の範囲であるとき、垂直磁性層 4 の垂直配向性が特に高くなり、かつ記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離を小さくすることができるので、再生信号の分解能を低下させることなく記録再生特性を高めることができる。

【 0 0 6 6 】

この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性層 4 における垂直配向性が低下し、記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。

【 0 0 6 7 】

また、この厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性層 4 の磁性粒子径が大きくなり、ノイズ特性が劣化するおそれがあるため好ましくない。また記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離が大きくなるため、再生信号の分解能や再生出力の低下するため好まし

くない。

【 0 0 6 8 】

配向制御層 3 の表面形状は、垂直磁性層 4、保護層 5 の表面形状に影響を与えるため、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくして、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くするには、配向制御層 3 の表面平均粗さ  $R_a$  を  $2\text{ nm}$  以下とするのが好ましい。

【 0 0 6 9 】

この表面平均粗さ  $R_a$  を  $2\text{ nm}$  以下とすることによって、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくし、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くし、記録密度を高めることができる。

【 0 0 7 0 】

配向制御層 3 の成膜用のガスに酸素や窒素を導入してもよい。例えば、成膜法としてスパッタ法を用いるならば、プロセスガスとしては、アルゴンに酸素を体積率で  $0.05 \sim 50\%$  (好ましくは  $0.1 \sim 20\%$ ) 程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で  $0.01 \sim 20\%$  (好ましくは  $0.02 \sim 10\%$ ) 程度混合したガスが好適に用いられる。

【 0 0 7 1 】

また、配向制御層 3 が酸化物、金属窒化物、金属炭化物中に金属粒子が分散した構造となっていておかまわれない。このような構造とするには、酸化物、金属窒化物、金属炭化物を含んだ合金材料を使用することで可能となる。酸化物としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  などが、金属窒化物としては、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{CrN}$  などが、金属炭化物としては、 $\text{TaC}$ 、 $\text{BC}$ 、 $\text{SiC}$  などが利用可能である。例えば、 $\text{NiTa-SiO}_2$ 、 $\text{RuCo-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ru-SiO}_2$ 、 $\text{Pt-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Pd-TaC}$  などをあげることができる。

【 0 0 7 2 】

配向制御層 3 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量としては、合金に対して、 $4\text{ mol}\%$  以上  $12\text{ mol}\%$  以下であることが好ましい。配向制御層 3 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲を超える場合、金属粒子中に酸化物、金属窒化物、金属炭化物が残留し、金属粒子の結晶性、配向性を損ねるほか、配向制御層 3 の上に形成された磁性層の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、配向制御層 3 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲未満である場合、酸化物、金属窒化物、金属炭化物の添加による効果が得られないため、好ましくない。

【 0 0 7 3 】

図 2 は垂直磁性層の構成を示す縦断面図である。垂直磁性層 4 は、その磁化容易軸が非磁性基板に対して垂直方向に向いたものであり、 $\text{Co}$  を主成分とするとともに少なくとも  $\text{Pt}$  を含み、酸化物 41 を含んだ磁性層 4a と、 $\text{Co}$  を主成分とするとともに少なくとも  $\text{Cr}$  を含み、酸化物を含まない磁性層 4b とからなる。

【 0 0 7 4 】

磁性層 4a は、 $\text{Co}$  を主成分とするとともに少なくとも  $\text{Pt}$  を含み、さらに酸化物 41 を含んだ材料からなり、この酸化物 41 としては、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Mg}$  の酸化物であることが好ましい。特に  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  が好適である。また、この実施形態の磁性層 4a は  $\text{Pt}$  を含んでいる。

【 0 0 7 5 】

磁性層 4a は、層中に磁性粒子 (磁性を有した結晶粒子) 42 が分散していることが好ましい。この磁性粒子 42 は、図 2 に示すように、磁性層 4a を上下に貫いた柱状構造であることが好ましい。このような構造を形成することにより、磁性層 4a の磁性粒子 42 の配向および結晶性を良好なものとし、結果として高密度記録に適した信号/ノイズ比 ( $S/N$  比) が得ることができる。

【 0 0 7 6 】

このような構造を得るためには、含有させる酸化物 41 の量が重要となる。

【 0 0 7 7 】

酸化物 41 の含有量は、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Pt}$  の総量に対して、 $3\text{ mol}\%$  以上  $12\text{ mol}\%$

10

20

30

40

50

以下であることが好ましい。さらに好ましくは 5 mol % 以上 10 mol % 以下である。

【 0 0 7 8 】

磁性層 4 a 中の酸化物の含有量として上記範囲が好ましいのは、層を形成した際、磁性粒子の周りに酸化物が析出し、磁性粒子 4 2 の孤立化、微細化をすることができるためである（図 2）。酸化物の含有量が上記範囲を超えた場合、酸化物が磁性粒子中に残留し、磁性粒子の配向性、結晶性を損ね、さらには図 3 に示すように、磁性粒子 4 2 の上下に酸化物 4 1 が析出し、結果として磁性粒子 4 2 が磁性層 4 a を上下に貫いた柱状構造が形成されなくなるため好ましくない。また、酸化物の含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の分離、微細化が不十分となり、結果として記録再生時におけるノイズが増大し、高密度記録に適した信号／ノイズ比（S／N 比）が得られなくなるため好ましくない。

10

【 0 0 7 9 】

磁性層 4 a の Cr の含有量は、6 at % 以上 16 at % 以下（さらに好ましくは 10 at % 以上 14 at % 以下）であることが好ましい。Cr 含有量が上記範囲であるのは、磁性粒子の磁気異方性定数  $K_u$  を下げすぎず、また、高い磁化を維持し、結果として高密度記録に適した記録再生特性と十分な熱揺らぎ特性が得られるために好適だからである。

【 0 0 8 0 】

Cr 含有量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子の磁気異方性定数  $K_u$  が小さくなるため熱揺らぎ特性が悪化し、また、磁性粒子の結晶性、配向性が悪化することで、結果として記録再生特性が悪くなるため好ましくない。また、Cr 含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の磁気異方性定数  $K_u$  が高いため、垂直保磁力が高くなりすぎ、データを記録する際、ヘッドで十分に書き込むことができず、結果として高密度記録に適さない記録特性（OW）となるため好ましくない。

20

【 0 0 8 1 】

磁性層 4 a の Pt の含有量は、10 at % 以上 20 at % 以下であることが好ましい。Pt 含有量が上記範囲であるのは、垂直磁性層に必要な磁気異方性定数  $K_u$  を得、さらに磁性粒子の結晶性、配向性が良好であり、結果として高密度記録に適した熱揺らぎ特性、記録再生特性が得られるため、好適だからである。

【 0 0 8 2 】

Pt 含有量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子中に fcc 構造の層が形成され、結晶性、配向性が損なわれるおそれがあるため好ましくない。また、Pt 含有量が上記範囲未満である場合、高密度記録に適した熱揺らぎ特性を得るための磁気異方性定数  $K_u$  が得られないため好ましくない。

30

【 0 0 8 3 】

磁性層 4 a は、Co、Cr、Pt、酸化物のほかに、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Re から選ばれる 1 種類以上の元素を含むことができる。上記元素を含む事により、磁性粒子の微細化を促進、あるいは結晶性や配向性を向上させることができ、より高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性を得ることができる。

【 0 0 8 4 】

上記元素の合計の含有量は、8 at % 以下であることが好ましい。8 at % を超えた場合、磁性粒子中に hcp 相以外の相が形成されるため、磁性粒子の結晶性、配向性が乱れ、結果として高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性が得られないため好ましくない。

40

【 0 0 8 5 】

磁性層 4 a に適した材料としては、例えば、(Co<sub>14</sub>Cr<sub>18</sub>Pt)<sub>90</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub> {Cr 含有量 14 at %、Pt 含有量 18 at %、残部 Co からなる金属組成が 90 mol %、SiO<sub>2</sub> からなる酸化物組成が 10 mol %}、(Co<sub>10</sub>Cr<sub>16</sub>Pt)<sub>92</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>8</sub> {Cr 含有量 10 at %、Pt 含有量 16 at %、残部 Co からなる金属組成が 92 mol %、SiO<sub>2</sub> からなる酸化物組成が 8 mol %}、(Co<sub>8</sub>Cr<sub>14</sub>Pt<sub>4</sub>Nb)<sub>94</sub>-(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>6</sub> {Cr 含有量 8 at %、Pt 含有量 14 at %、Nb 含有量 4 at %、残部 Co からなる金属組成が 94 mol %、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> からなる

50



酸化物組成が6mol%}、その他、(CoCrPt)-(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、(CoCrPtMo)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtW)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtB)-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtTaNd)-(MgO)、(CoCrPtBCu)-(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtRe)-(SiO<sub>2</sub>)などをあげることができる。

#### 【0086】

磁性層4bは、Coを主成分とするとともに少なくともCrを含んだ材料からなり、図2に示すように、層中の磁性粒子43が磁性層4a中の磁性粒子42からエピタキシャル成長している構造であることが好ましい。この場合、磁性層4bの磁性粒子42と磁性層4aの磁性粒子43が1対1、複数個対1、1対複数個、いずれかで対応していてもかまわない。

10

#### 【0087】

磁性層4bの磁性粒子43が磁性層4a中の磁性粒子42からエピタキシャル成長することで、磁性層4bの磁性粒子43が微細化され、さらに結晶性、配向性がより向上するため好適である。

#### 【0088】

磁性層4bのCrの含有量は、14at%以上26at%以下であることが好ましい。Cr含有量を上記範囲とすると、データの再生時における出力が十分確保でき、さらに良好な熱揺らぎ特性が得られるため、好適である。

#### 【0089】

Cr含有量が上記範囲を超える場合、磁性層4bの磁化が小さくなりすぎるため好ましくない。また、Cr含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の分離、微細化が十分生じず、記録再生時のノイズが増大し、高密度記録に適した信号/ノイズ比(S/N比)が得られなくなるため好ましくない。

20

#### 【0090】

また、磁性層4bは、Co、Crの他に、Ptを含んだ材料であっても構わない。磁性層4bのPtの含有量は8at%以上20at%以下であることが好ましい。Pt含有量が上記範囲であるのは、高記録密度に適した十分な保磁力を得、さらに記録再生時における高い再生出力を維持し、結果として高密度記録に適した記録再生特性および熱揺らぎ特性を得るためである。

#### 【0091】

Ptの含有量が上記範囲を超えた場合、磁性層中にfcc構造の相が形成され、結晶性、配向性が損なわれるおそれがあるため好ましくない。また、Pt含有量が上記範囲未満である場合、高密度記録に適した熱揺らぎ特性を得るための磁気異方性定数Kuが得られないため好ましくない。

30

#### 【0092】

磁性層4bは、Co、Cr、Pt、酸化物のほかに、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reから選ばれる1種類以上の元素を含むことができる。上記元素を含む事により、磁性粒子の微細化を促進、あるいは結晶性や配向性を向上させることができ、より高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性を得ることができる。

#### 【0093】

上記元素の合計の含有量は、8at%以下であることが好ましい。8at%を超えた場合、磁性粒子中にhcp相以外の相が形成されるため、磁性粒子の結晶性、配向性が乱れ、結果として高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性が得られないため好ましくない。

40

#### 【0094】

磁性層4bに適した材料としては、例えば、CoCr系では、Co<sub>16</sub>~28Cr{Cr含有量16~28at%、残部Co}、CoCrTa系では、Co<sub>14</sub>~30Cr<sub>1</sub>~4Ta{Cr含有量14~30at%、Ta含有量1~4at%、残部Co}、CoCrTaB系では、Co<sub>14</sub>~26Cr<sub>1</sub>~5Ta<sub>1</sub>~4B{Cr含有量14~26at%、Ta含有量1~5at%、B含有量1~4at%、残部Co}、CoCrBNd系では、C

50

o 1 4 ~ 3 0 C r 1 ~ 5 B 1 ~ 4 N d { C r 含有量 1 4 ~ 3 0 a t %、B 含有量 1 ~ 5 a t %、N d 含有量 1 ~ 4 a t %、残部 C o }、C o C r P t B 系では、C o 1 6 ~ 2 4 C r 1 0 ~ 1 8 P t 1 ~ 6 B { C r 含有量 1 6 ~ 2 4 a t %、P t 含有量 1 0 ~ 1 8 a t %、B 含有量 1 ~ 6 a t %、残部 C o }、C o C r P t C u 系では、C o 1 6 ~ 2 4 C r 1 0 ~ 2 0 P t 1 ~ 7 C u { C r 含有量 1 6 ~ 2 4 a t %、P t 含有量 1 0 ~ 2 0 a t %、C u 含有量 1 ~ 7 a t %、残部 C o }、C o C r P t T a N d 系では、C o 1 6 ~ 2 6 C r 1 0 ~ 2 0 P t 1 ~ 4 T a 1 ~ 4 N d { C r 含有量 1 6 ~ 2 6 a t %、P t 含有量 1 0 ~ 2 0 a t %、T a 含有量 1 ~ 4 a t %、N d 含有量 1 ~ 4 a t % }、C o C r P t N b 系では、C o 1 6 ~ 2 6 C r 8 ~ 1 8 P t 1 ~ 6 N b { C r 含有量 1 6 ~ 2 6 a t %、P t 含有量 8 ~ 1 8 a t %、N b 含有量 1 ~ 6 a t %、残部 C o } の他、C o C r P t B N d、C o C r P t B W、C o C r P t M o、C o C r P t C u R u、C o C r P t R e などの材料をあげることができる。

【 0 0 9 5 】

垂直磁性層 4 の垂直保磁力 ( H c ) は、2 5 0 0 [ O e ] 以上とすることが好ましい。保磁力が 2 5 0 0 [ O e ] 未満である場合は、記録再生特性、特に周数特性が不良であり、また、熱揺らぎ特性も悪いため、高密度記録媒体として好ましくない。

【 0 0 9 6 】

垂直磁性層 4 の逆磁区核形成磁界 ( - H n ) は、1 0 0 0 [ O e ] 以上であることが好ましい。逆磁区核形成磁界 ( - H n ) が 1 0 0 0 [ O e ] 未満である場合、熱揺らぎ耐性におとるため好ましくない。

【 0 0 9 7 】

逆磁区核形成磁界 ( - H n ) は、図 4 に示すように、V S M などにより求めた M H 曲線において、磁化が飽和した状態から外部磁界を減少させる過程で外部磁界が 0 となる点 a、M H 曲線の磁化が 0 である点 b での M H 曲線の接線を延長した線と飽和磁化との交点を点 c とすると、M 軸から点 c までの距離 [ O e ] で表すことができる。

【 0 0 9 8 】

なお、逆磁区核形成磁界 ( - H n ) は、点 c が外部磁界が負である領域にある場合に正の値をとり ( 図 4 参照 )、逆に、点 c が外部磁界が正である領域にある場合に負の値をとる ( 図 5 参照 )。

【 0 0 9 9 】

垂直磁性層 4 は、磁性粒子の平均粒径が 5 ~ 1 5 n m であることが好ましい。この平均粒径は、例えば垂直磁性層 4 を T E M ( 透過型電子顕微鏡 ) で観察し、観察像を画像処理することにより求めることができる。

【 0 1 0 0 】

垂直磁性層 4 の厚さは 5 ~ 4 0 n m とするのが好ましい。垂直磁性層 4 の厚さが上記未満であると、十分な再生出力が得られず、熱揺らぎ特性も低下する。また、垂直磁性層 4 の厚さが上記範囲を超えた場合、垂直磁性層 4 中の磁性粒子の肥大化が生じ、記録再生時におけるノイズが増大し、信号 / ノイズ比 ( S / N 比 ) や記録特性 ( O W ) に代表される記録再生特性が悪化するため好ましくない。

【 0 1 0 1 】

保護層 5 は垂直磁性層 4 の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐためのもので、従来公知の材料を使用でき、例えば C、S i O<sub>2</sub>、Z r O<sub>2</sub> を含むものが使用可能である。

【 0 1 0 2 】

保護層 5 の厚さは、1 ~ 1 0 n m とするのがヘッドと媒体の距離を小さくできるので高記録密度の点から望ましい。

【 0 1 0 3 】

潤滑層 6 には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸などの潤滑剤を用いるのが好ましい。

【 0 1 0 4 】

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板 1 上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層 3 と、磁化容易軸が非磁性基板 1 に対し主に垂直に配向した垂直磁性層 4 と、保護層 5 とが設けられた磁気記録媒体において、垂直磁性層 4 が 2 層以上の磁性層からなり、少なくとも 1 層が Co を主成分とするとともに Cr を含み、酸化物を含んだ磁性層 4 a であり、他の磁性層が Co を主成分とするとともに Cr を含み、酸化物を含まない磁性層 4 b からなることを特徴とし、これにより磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比 (S/N) を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) を向上させることで熱揺らぎ特性も向上させることができ、さらに優れた記録特性 (OW) を有した媒体を得ることができる。

【 0 1 0 5 】

10

本発明における他の形態として、垂直磁性層 4 を図 6 に示したように酸化物を含まない磁性層 4 b を形成し、その上に酸化物を含む磁性層 4 a を設けた構成としてもかまわない。

【 0 1 0 6 】

本発明では、垂直磁性層 4 を 3 層以上の磁性層で構成することも可能である。例えば、図 7 にしめすように酸化物を含む磁性層 4 a の上に酸化物を含まない磁性層 4 b-1、4 b-2 を設けることもできる。一方で、図 8 にしめすように酸化物を含む磁性層 4 a-1、4 a-2 の上に酸化物を含まない磁性層 4 b を形成する構成を取ることもできる。さらには、図 9 に示すように、酸化物を含まない磁性層 4 b-1、4 b-2、4 b-3 の各層間に、酸化物を含む磁性層 4 a-1、4 a-2 を形成する構成としてもかまわない。特に、各磁性材料の組み合わせにより、熱揺らぎ特性、記録特性 (OW)、信号／ノイズ比 (S/N) 等の各特性の制御、調整が容易であることから、垂直磁性層 4 を 3 層以上で構成することは、より好ましい。

20

【 0 1 0 7 】

本発明では、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に非磁性層を設けることも可能である。これにより、磁性粒子の肥大化を防止し、粒径を制御できるため、信号／ノイズ比 (S/N) をより向上させることが可能である。例えば、図 10 に示したように、酸化物を含まない磁性層 4 b-1、4 b-2 の間に非磁性層 9 1 を、その上に設けた酸化物を含む磁性層 4 a-1、4 a-2 の間に非磁性層 9 2 を設けることもできる。

【 0 1 0 8 】

垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 としては、hcp 構造を有する材料を用いるのが好ましい。例えば、CoCr 合金や CoCrX1 合金 (X1: Pt、Ta、Zr、Re、Ru、Cu、Nb、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、W、Mo、Ti、V、Zr、B から選ばれる 1 種または 2 種以上) を用いるのが好適である。

30

【 0 1 0 9 】

垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 の Co 含有量は 30 ~ 70 at % の範囲であることが好ましい。この範囲であれば、非磁性であるからである。

【 0 1 1 0 】

また、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 として、hcp 構造を有する合金として、例えば Ru、Re、Ti、Y、Hf、Zn などの合金も使うことができる。

【 0 1 1 1 】

また、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 として、その上下の磁性層の結晶性、配向性を損ねない範囲で、他の構造をとる金属、合金を使用することもできる。例えば、Pd、Pt、Cu、Ag、Au、Ir、Mo、W、Ta、Nb、V、Bi、Sn、Si、Al、C、B、Cr などの元素あるいは合金である。特に、Cr 合金としては、CrX2 (X2: Ti、W、Mo、Nb、Ta、Si、Al、B、C、Zr から選ばれる 1 種または 2 種以上) を用いるのが好適である。この場合の Cr 含有量は 60 at % 以上が好ましい。

40

【 0 1 1 2 】

また、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 として、上記合金の金属粒子が酸化物、金属窒化物、金属炭化物中に分散し構造としても良い。さらに該金属粒子が非

50

磁性層 9 を上下に貫いた柱状構造を有していればより好適である。このような構造とするには、酸化物を含んだ合金材料を使用することで可能となる。酸化物としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  などが、金属窒化物としては、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{CrN}$  などが、金属炭化物としては、 $\text{TaC}$ 、 $\text{BC}$ 、 $\text{SiC}$  などが利用可能である。例えば、 $\text{CoCr-SiO}_2$ 、 $\text{CoCrPt-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ru-SiO}_2$ 、 $\text{Ru-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Pd-TaC}$  などをあげることができる。

#### 【0113】

垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量としては、合金に対して、4 mol % 以上 12 mol % 以下であることが好ましい。該非磁性層 9 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲を超える場合、金属粒子中に酸化物、金属窒化物、金属炭化物が残留し、金属粒子の結晶性、配向性を損ねるほか、金属粒子の上下にも酸化物、金属窒化物、金属炭化物が析出してしまい、金属粒子が該非磁性層 9 を上下に貫く柱状構造となりにくくなり、該非磁性層 9 の上に形成された磁性層の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、該非磁性層 9 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲未満である場合、酸化物、金属窒化物、金属炭化物の添加による効果が得られないため、好ましくない。

#### 【0114】

非磁性層 9 の厚さは、垂直磁性層 4 における磁性粒子の肥大化による再生時の信号／ノイズ比 (S/N) の悪化や磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離が大きくなることによる記録特性 (OW) や分解能の低下を起こさないようにするために、10 nm 以下 (より好ましくは 5 nm 以下) とするのが好ましい。

#### 【0115】

本発明における他の形態として、図 11 に示すように配向制御層 3 と垂直磁性層 4 との間に、垂直磁性層 4 の結晶性、配向性を向上させるため、中間層 8 を設けることもできる。

#### 【0116】

中間層 8 は、hcp 構造を有する材料が好ましい。中間層 8 には、CoCr 合金や CoCrX1 合金 (X1: Pt, Ta, Zr, Re, Ru, Cu, Nb, Ni, Mn, Ge, Si, O, N, W, Mo, Ti, V, Zr, B から選ばれる 1 種または 2 種以上) を用いるのが好適である。

#### 【0117】

中間層 8 の Co 含有量は 30 ~ 70 at % であることが好ましい。この範囲であれば、非磁性だからである。

#### 【0118】

また、中間層 8 には、上記合金の金属粒子が酸化物、金属窒化物、金属炭化物中に分散し構造としても良い。さらに該金属粒子が中間層 8 を上下に貫いた柱状構造を有していればより好適である。このような構造とするには、酸化物を含んだ合金材料を使用することで可能となる。酸化物としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  などが、金属窒化物としては、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{CrN}$  などが、金属炭化物としては、 $\text{TaC}$ 、 $\text{BC}$ 、 $\text{SiC}$  などが利用可能である。例えば、 $\text{CoCr-SiO}_2$ 、 $\text{CoCrPt-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CoCrRu-SiO}_2$ 、 $\text{CoCrRu-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{CoCrPt-TaC}$  などをあげることができる。

#### 【0119】

中間層 8 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量としては、合金に対して、4 mol % 以上 12 mol % 以下であることが好ましい。該中間層 8 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲を超える場合、金属粒子中に酸化物、金属窒化物、金属炭化物が残留し、金属粒子の結晶性、配向性を損ねるほか、金属粒子の上下にも酸化物、金属窒化物、金属炭化物が析出してしまい、金属粒子が該中間層 8 を上下に貫く柱状構造となりにくくなり、該中間層 8 の上に形成された磁性層の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、該中間層 8 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量

が上記範囲未満である場合、酸化物、金属窒化物、金属炭化物の添加による効果が得られないため、好ましくない。

#### 【 0 1 2 0 】

中間層 8 の厚さは、垂直磁性層 4 における磁性粒子の肥大化による再生時の信号／ノイズ比（S／N）の悪化や磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離が大きくなることによる記録特性（OW）や分解能の低下を起こさないようにするために、20 nm 以下（より好ましくは 10 nm 以下）とするのが好ましい。

#### 【 0 1 2 1 】

次に上記構成の磁気記録媒体を製造する方法の一例（図 1 の形態）について説明する。

#### 【 0 1 2 2 】

上記構成の磁気記録媒体を製造するには、非磁性基板 1 上に、軟磁性下地層 2、配向制御層 3、垂直磁性層 4 を順次、スパッタ法、真空蒸着法、イオンプレーティング法などにより形成する。次いで保護層 5 を、好ましくはプラズマ CVD 法、イオンビーム法、スパッタ法により形成する。

#### 【 0 1 2 3 】

また、垂直磁性層 4 を形成する際、酸化物を含む磁性層 4 a を形成後、加熱処理を行い、続けて酸化物を含まない磁性層 4 b を形成してもかまわない。また、磁性粒子の結晶性を向上させる目的で、垂直磁性層 4 を形成後、アニール処理をしてもかまわない。

#### 【 0 1 2 4 】

非磁性基板 1 としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板 20 を用いてもよいし、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を用いてもよい。

#### 【 0 1 2 5 】

ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノケートガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。

#### 【 0 1 2 6 】

非磁性基板 1 としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いて NiP 層が形成されたものを用いることもできる。 30

#### 【 0 1 2 7 】

非磁性基板は、平均表面粗さ Ra が 2 nm（20 Å）以下、好ましくは 1 nm 以下であることがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から望ましい。

#### 【 0 1 2 8 】

また、表面の微小うねり（Wa）が 0.3 nm 以下（より好ましくは 0.25 nm 以下）であるのがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から好ましい。端面のチャンファ部、面取り部、側面部の少なくとも一方のいずれの表面平均粗さ Ra が 10 nm 以下（より好ましくは 9.5 nm 以下）のものを用いることが磁気ヘッドの飛行安定性にとって好ましい。微小うねり（Wa）は、例えば、表面荒粗さ測定装置 P-12（KL M-TenCor 社製）を用い、測定範囲 80 μm での表面平均粗さとして測定することができる。 40

#### 【 0 1 2 9 】

必要に応じて非磁性基板 1 を洗浄して、その非磁性基板 1 を成膜装置のチャンバ内に設置する。

#### 【 0 1 3 0 】

非磁性基板 1 上に、軟磁性下地層 2 と、配向制御層 3 と、垂直磁性層 4 を各層の材料と同じ組成の材料を原料とするスパッタターゲットを用いて DC 或いは RF マグネトロンスパッタ法により形成する。膜を形成するためのスパッタの条件は例えば次のようにする。形成に用いるチャンバ内は真空度が  $10^{-4} \sim 10^{-7}$  Pa となるまで排気する。チャンバ 50

内に非磁性基板を収容して、スパッタガスとして、たとえばArガスを導入して放電させてスパッタ成膜をおこなう。このとき、供給するパワーは0.1~2kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することによって、所望の膜厚を得ることができる。

#### 【0131】

軟磁性下地層2を放電時間と供給するパワーを調節することによって50~400nmの膜厚で形成するのが好ましい。

#### 【0132】

軟磁性下地層2を形成する際には、軟磁性材料からなるスパッタターゲットを用いるのが軟磁性下地層を容易に形成できるので好ましい。軟磁性材料としては、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaC、FeTa<sub>2</sub>Nなど)、FeMg系合金(FeMgOなど)、FeZr系合金(FeZrNなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、FeB系合金、Feを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrNを挙げることができる。さらに、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有している、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMo系合金を好適なものとして挙げる  
20

#### 【0133】

上記のターゲットは溶製法による合金ターゲットまたは焼結合金ターゲットである。

#### 【0134】

軟磁性下地層2を形成後、放電時間と供給するパワーを調節することによって配向制御層3を0.5~40nm(好ましくは1~20nm)の膜厚で形成する。配向制御層3の形成に用いるスパッタ用ターゲットの材料としてはRu系合金、Ni系合金、Co系合金を挙げることができる。

#### 【0135】

次に垂直磁性層4を形成する。

#### 【0136】

まず、酸化物を含む磁性層4aをスパッタターゲットを用いて同様にスパッタ法により形成する。スパッタターゲットとしては、(Co<sub>14</sub>Cr<sub>18</sub>Pt)<sub>90</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub>{Cr含有量14at%、Pt含有量18at%、残部Coからなる金属組成が90mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物組成が10mol%}、(Co<sub>10</sub>Cr<sub>16</sub>Pt)<sub>92</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>8</sub>{Cr含有量10at%、Pt含有量16at%、残部Coからなる金属組成が92mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物組成が8mol%}、(Co<sub>8</sub>Cr<sub>14</sub>Pt<sub>4</sub>Nb)<sub>94</sub>-(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>6</sub>{Cr含有量8at%、Pt含有量14at%、Nb含有量4at%、残部Coからなる金属組成が94mol%、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる酸化物組成が6mol%}、その他、(CoCrPt)-(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、(CoCrPtMo)-(TiO)、(CoCrPtW)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtB)-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtTaNd)-(MgO)、(CoCrPtBCu)-(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtRe)-(SiO<sub>2</sub>)などをあげることができる。  
30  
40

#### 【0137】

酸化物の含有量は、Co、Cr、Ptの総量に対して、3mol%以上12mol%以下であることが好ましい。さらに好ましくは5mol%以上10mol%以下である。

#### 【0138】

磁性層4a中の酸化物の含有量が上記範囲が好ましいのは、層を形成したさい、磁性粒子の周りに酸化物が析出し、磁性粒子の孤立化、微細化をすることができるためである。酸化物の含有量が上記範囲を超えた場合、酸化物が磁性粒子中に残留し、磁性粒子の配向性、結晶性を損ね、さらには図3に示すように、磁性粒子42の上下に酸化物41が析出し  
50

、結果として磁性粒子42が磁性層4aを上下に貫いた柱状構造(図2の構造)が形成されなくなるため好ましくない。また、酸化物の含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の分離、微細化が不十分となり、結果として記録再生時におけるノイズが増大し、高密度記録に適した信号/ノイズ比(S/N比)が得られなくなるため好ましくない。

【0139】

磁性層4aは、図2に示すように、層中に磁性粒子42が分散していることが好ましい。また、該磁性粒子42が磁性層4aを上下に貫いた柱状構造(図2の構造)であることが好ましい。このような構造を形成するには、上記のようなターゲット材料を使うほかに、次のような条件を必要とする。

【0140】

Coを主成分とするとともに少なくともCrを含み、酸化物を含んだ材料からなるターゲットを使用し、形成に用いるチャンバ内は真空度が $10^{-4} \sim 10^{-7}$  Paとなるまで排気した状態で、スパッタガスとしてArガスを導入してスパッタ成膜を行う。このとき、供給するパワーは0.1 kW $\sim$ 2 kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することにより、所望の膜厚を得る。

【0141】

この際、スパッタガスの圧力は3 Pa以上20 Pa以下とするのが好適である。また、放電パワーはできるだけ低く設定し、プロセス上許される範囲で成膜時間を長く取るほうが好ましい。これらの条件により、酸化物中に磁性粒子が分散し、また、該磁性粒子が磁性層4aを上下に貫いた柱状構造を得やすいためである。

【0142】

また、酸化物を含む磁性層4aを形成する際、スパッタガスとしてアルゴンを使用するが、必要に応じて窒素あるいは酸素ガス、もしくは両方を添加してもかまわない。

【0143】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加は、それらとアルゴンの混合ガスを用いても良いし、それぞれのガスを別々に導入し、チャンバ内で混合してもかまわない。

【0144】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加量としては、アルゴンに対して20 vol %以下(より好ましくは10 vol %以下)であることが好ましい。窒素あるいは酸素の添加量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ね、結果として記録再生特性を劣化させるおそれがあるため好ましくない。

【0145】

例えば、磁性層4aとして(Co, Cr, Pt)90-(SiO<sub>2</sub>)10{Cr含有量14 at %、Pt含有量18 at %、残部Coからなる金属組成が90 mol %、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物組成が10 mol %}の材料を用いる場合の条件として、スパッタ放電パワーは0.4 kW、圧力は6 $\sim$ 8 Pa、酸素添加量1 $\sim$ 2 vol %であることが好ましい。

【0146】

また、磁性層4aを成膜する際、非磁性基板1に負の電圧(基板Bias)を印加することもできる。これにより、磁性粒子と酸化物の分離が促進し、磁性粒子がより微細化、孤立化し、より高密度記録に適した記録再生特性が得られる。

【0147】

基板Biasは-100 V $\sim$ -600 Vの範囲で印加するのが好ましい。上記範囲を超える場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、上記範囲未満である場合、効果が得られないため好ましくない。

【0148】

次に、酸化物を含まない磁性層4bをスパッタターゲットを用いて同様にスパッタ法により形成する。磁性層4bに適した材料としては、例えば、CoCr系では、Co16 $\sim$ 28 Cr{Cr含有量16 $\sim$ 28 at %、残部Co}、CoCrTa系では、Co14 $\sim$ 30 Cr1 $\sim$ 4 Ta{Cr含有量14 $\sim$ 30 at %、Ta含有量1 $\sim$ 4 at %、残部Co}

、CoCrTaB系では、Co14~26Cr1~5Ta1~4B {Cr含有量14~26at%、Ta含有量1~5at%、B含有量1~4at%、残部Co}、CoCrBNd系では、Co14~30Cr1~5B1~4Nd {Cr含有量14~30at%、B含有量1~5at%、Nd含有量1~4at%、残部Co}、CoCrPtB系では、Co16~24Cr10~18Pt1~6B {Cr含有量16~24at%、Pt含有量10~18at%、B含有量1~6at%、残部Co}、CoCrPtCu系では、Co16~24Cr10~20Pt1~7Cu {Cr含有量16~24at%、Pt含有量10~20at%、Cu含有量1~7at%、残部Co}、CoCrPtTaNd系では、Co16~26Cr10~20Pt1~4Ta1~4Nd {Cr含有量16~26at%、Pt含有量10~20at%、Ta含有量1~4at%、Nd含有量1~4at%}、CoCrPtNb系では、Co16~26Cr8~18Pt1~6Nb {Cr含有量16~26at%、Pt含有量8~18at%、Nb含有量1~6at%、残部Co} の他、CoCrPtBNd、CoCrPtBW、CoCrPtMo、CoCrPtCuRu、CoCrPtReなどの材料をあげることができる。

【0149】

磁性層4bを形成する条件は、例えば次のようにする。

【0150】

Coを主成分とするとともに少なくともCrを含み酸化物を含まない材料からなるターゲットを使用し、形成に用いるチャンバ内は真空度が $10^{-4} \sim 10^{-7}$  Paとなるまで排気した状態で、スパッタガスとしてArガスを導入してスパッタ成膜を行う。このとき、供給するパワーは0.1kW~2kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することにより、所望の膜厚を得る。

【0151】

この際、スパッタガスの圧力は20Pa以下であることが好ましい。

【0152】

また、酸化物を含む磁性層4bを形成する際、スパッタガスとしてアルゴンを使用するが、必要に応じて窒素あるいは酸素ガス、もしくは両方を添加してもかまわない。

【0153】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加は、それらとアルゴンの混合ガスを用いても良いし、それぞれのガスを別々に導入し、チャンバ内で混合してもかまわない。

【0154】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加量としては、アルゴンに対して20vol%以下（より好ましくは10vol%以下）であることが好ましい。窒素あるいは酸素の添加量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ね、結果として記録再生特性を劣化させるおそれがあるため好ましくない。

【0155】

また、磁性層4bを形成する前に、加熱を行ってもかまわない。加熱は、真空中で行う。

【0156】

加熱の温度は、特に規定するものではないが、非磁性基板1の形状が変化しない範囲で行うことが好ましい。例えば、アモルファスガラスを用いた場合は、300℃以下であることが好ましい。

【0157】

加熱した状態で磁性層4bを形成することで、磁性層4bのCr偏析が進行し、より磁性粒子の微細化、孤立化が促進され、結果として記録再生特性の向上が得られるため、必要に応じて実施するのが好ましい。

【0158】

例えば、磁性層4bとして、Co16Cr12Pt4B {Cr含有量16at%、Pt含有量12at%、B含有量4at%、残部Co} の材料を用いる場合の条件は、加熱温度約180℃~220℃、スパッタ放電パワー1kW以下、圧力2~5Pa、ガス添加なし、であることが好ましい。



## 【 0 1 5 9 】

また、磁性層 4 b を成膜する際、非磁性基板 1 に負の電圧（基板 B i a s）を印加すること  
もできる。これにより、磁性粒子がより微細化、孤立化し、より高密度記録に適した記  
録再生特性が得られる。

## 【 0 1 6 0 】

基板 B i a s は  $-100\text{ V} \sim -600\text{ V}$  の範囲で印加するのが好ましい。上記範囲を超え  
る場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、上記  
範囲未満であるばあい、効果が得られないため好ましくない。

## 【 0 1 6 1 】

垂直磁性層 4 を形成した後、公知の方法、例えばスパッタ法、プラズマ C V D 法またはそ  
れらの組み合わせを用いて保護層 5、たとえばカーボンを主成分とする保護層 5 を形成す  
る。

## 【 0 1 6 2 】

さらに、保護層 5 上には必要に応じパーフルオロポリエーテルのフッ素系潤滑剤をディッ  
プ法、スピンコート法などを用いて塗布し、潤滑層 6 を形成する。

## 【 0 1 6 3 】

本発明に従って製造した磁気記録媒体は、非磁性基板 1 上に少なくとも、直上の層の配向  
性を制御する配向制御層 3 と、磁化容易軸が非磁性基板 1 に対し主に垂直に配向した垂直  
磁性層 4 と、保護層 5 とが設けられた磁気記録媒体において、垂直磁性層 4 を 2 層以上の  
磁性層で形成し、少なくとも 1 層を C o を主成分とするとともに P t を含み、さらに酸化  
物を含んだ磁性層 4 a とし、他の磁性層を C o を主成分として C r を含み、酸化物を含ま  
ない磁性層 4 b とすることを特徴とし、これにより磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が  
促進され再生時における信号／ノイズ比（S／N）を大幅に向上することができ、また逆  
磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を向上させることで熱揺らぎ特性も向上させることができ、さ  
らに優れた記録特性（O W）を有した媒体を得ることができる。

## 【 0 1 6 4 】

図 1 2 は本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略図であり、（a）は全体構成を示し  
、（b）は磁気ヘッドを示す。ここに示す磁気記録再生装置は、図 1 に示す構成を有する  
磁気記録媒体 1 0 と、磁気記録媒体 1 0 を回転駆動させる媒体駆動部 1 1 と、磁気記録媒  
体 1 0 に情報を記録再生する磁気ヘッド 1 2 と、この磁気ヘッド 1 2 を磁気記録媒体 1 0  
に対して相対運動させるヘッド駆動部 1 3 と、記録再生信号処理系 1 4 とを備えている。  
記録再生信号処理系 1 4 は、外部から入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド  
1 2 に送ったり、磁気ヘッド 1 2 からの再生信号を処理してデータを外部に送ることがで  
きるようになっている。本発明の磁気記録再生装置に用いる磁気ヘッド 1 2 には、再生素  
子として巨大磁気抵抗効果（G M R）を利用した G M R 素子などを有した、より高記録密  
度に適したヘッドを用いることができる。

## 【 0 1 6 5 】

上記磁気記録再生装置によれば、磁気記録媒体 1 0 に本発明の磁気記録媒体を用いるので  
、磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比（S／N）  
を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を向上させることで熱  
揺らぎ特性も向上させることができ、さらに優れた記録特性（O W）を有した媒体を得  
ることができ、このため高密度記録に適した優れた磁気記録再生装置とすることができる。

## 【 0 1 6 6 】

## 【 実施例 】

洗浄済みのガラス基板（オハラ社製、外形 2. 5 インチ）を D C マグネトロンスパッタ装  
置（アネルバ社製 C - 3 0 1 0）の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度  $1 \times 10^{-6}$   
P a となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に C o - 4 Z r - 7 N b  
〔Z r 含有量 4 a t %、N b 含有量 7 a t %、残部 C o〕のターゲットを用いて  $100^\circ\text{C}$   
以下の基板温度で  $100\text{ nm}$  の軟磁性下地層 2 をスパッタリングにより成膜した。この膜  
の飽和磁束密度 B s（T）と膜厚 t（nm）の積 B s・t（T・nm）が  $120\text{ (T} \cdot \text{nm)}$

m)であることを振動式磁気特性測定装置(VSM)で確認した。

【0167】

上記軟磁性下地層2の上にNi40Ta{Ta含有量40at%、残部Ni}ターゲット、Ruターゲットを用いて、それぞれ5nm、20nmの厚さで順に成膜し、配向制御層3とした。

【0168】

配向制御層3の上に、(Co<sub>14</sub>Cr<sub>18</sub>Pt)90-(SiO<sub>2</sub>)10{Cr含有量14at%、Pt含有量18at%、残部Coの合金組成を90mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物を10mol%}からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を0.7Paとして磁性層4aを10nmの厚さで形成した。

10

【0169】

次に、Co16Cr12Pt4B{Cr含有量16at%、Pt含有量12at%、B含有量4at%、残部Co}からなるターゲットを用いて、スパッタ圧力を3Paとして磁性層4bを10nmの厚さ形成した。

【0170】

ついでCVD法により膜厚5nmの保護層5を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層6を形成し、磁気記録媒体を得た。

【0171】

得られた磁気記録媒体の磁気特性を評価した。静磁気特性の評価は、Kerr効果測定器を用いて、保磁力(Hc)、逆磁区核形成磁界(-Hn)を測定した。

20

【0172】

また、記録再生特性の評価は、米国GUK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンスランドS1701MPを用いて測定した。ヘッドは、書き込みをシングルポール磁極、再生部にGMR素子を用いたヘッドを使用した。

【0173】

信号/ノイズ比(S/N)は、記録密度700kFCIとして測定した。

【0174】

記録特性(OW)は、まず、700kFCIの信号を書き込み、次いで116kFCIの信号を上書き、周波数フィルターにより高周波成分をとりだし、その残留割合によりデータの書き込み能力を評価した。

30

【0175】

熱揺らぎ特性の評価は、70℃の条件下で記録密度50kFCIにて書き込みを行ったあと、書き込み後1秒後の再生出力に対する出力の減衰率を $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基いて算出した。この式においてS<sub>0</sub>は書き込み後、1秒経過時の再生出力を示し、Sは1000秒後の再生出力を示す。結果を表1の実施例1の欄に示した。

【0176】

【表1】

	磁性層4				磁性層4b				磁気特性			記録再生特性			熱膨張特性 [ $\mu\text{m}/\text{decade}$ ]
	磁性層4a								静磁気特性						
	組成	相分	厚さ	成膜圧力	組成	相分	厚さ	成膜圧力	保磁力	-Hn	OW	S/N			
実施例 1	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	10	0.7Pa	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	10	3Pa	3400[Oe]	1800[Oe]	48.5[dB]	19.8[dB]	0.10		
実施例 2	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	2	2	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3100	1800	48.0	20.3	0.09		
実施例 3	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	4	4	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3700	1850	46.5	20.8	0.09		
実施例 4	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	6	6	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3800	1850	46.0	21.4	0.09		
実施例 5	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	4100	1900	46.0	22.0	0.08		
実施例 6	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	11	11	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3900	1750	48.5	21.1	0.09		
実施例 7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	0.6	0.6	4000	1750	47.0	21.3	0.09		
実施例 8	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	5	5	3950	1800	45.5	21.5	0.09		
実施例 9	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>98</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3300	1000	52.0	16.5	0.24		
実施例 10	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>97</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3400	1350	54.5	17.8	0.13		
実施例 11	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>93</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3850	1550	52.0	19.1	0.11		
実施例 12	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>88</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3750	1600	53.5	18.8	0.11		
実施例 13	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>85</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3600	1200	52.0	17.5	0.16		
実施例 14	(Co <sub>6</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	4300	2200	42.5	20.8	0.05		
実施例 15	(Co <sub>6</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	4300	2100	44.0	20.9	0.06		
実施例 16	(Co <sub>16</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3500	1400	53.0	20.7	0.11		
実施例 17	(Co <sub>20</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3300	1100	54.0	20.1	0.14		
実施例 18	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>6</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3400	1000	56.0	19.6	0.19		
実施例 19	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>10</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	3600	1200	54.0	19.9	0.16		
実施例 20	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>22</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	4500	1600	49.0	19.3	0.12		
比較例 1	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	—	—	—	—	4650	800	34.5	16.5	0.45		
比較例 2	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	20	8	8	—	—	—	—	5700	900	21.5	12.3	0.40		
比較例 3	Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt	10	0.7	0.7	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	2600	700	51.0	12.2	0.47		
比較例 4	—	—	—	—	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	10	3	3	2750	100	57.0	13.4	0.70		
比較例 5	—	—	—	—	Co <sub>16</sub> Cr <sub>12</sub> Pt <sub>4</sub> B	20	3	3	2800	100	57.0	11.2	0.63		
比較例 6	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>14</sub> Pt	10	0.7	0.7	2500	300	42.5	12.9	0.45		
比較例 7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>12</sub> Cr	10	0.7	0.7	2200	0	43.2	11.3	0.67		
比較例 8	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Fe <sub>50</sub> Pt	10	0.7	0.7	1800	-200	47.0	5.7	1.12		
比較例 9	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub>	7	3	3	3700	900	34.0	14.6	0.38		
比較例 10	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> )	10	8	8	Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pr <sub>90</sub> - (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub>	14	3	3	4300	1000	29.0	11.2	0.33		

10

20

30

[ 0 1 7 7 ]

(実施例 2 ~ 20) 磁性層 4 a および磁性層 4 b を、表 1 の実施例 2 ~ 20 の欄に示した組成、条件に変えたほかは、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作成した。これら磁気記録媒体の評価結果を表 1 に示した。

[ 0 1 7 8 ]

(比較例 1 ~ 7) 磁性層 4 a、磁性層 4 b を、表 1 の比較例 1 ~ 7 の欄に示した組成の材料で形成した他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作成した。これら磁気記録媒体の評価結果を表 1 に示した。

[ 0 1 7 9 ]

(比較例 8) 洗浄済みのガラス基板 (オハラ社製、外形 2.5 インチ) を DC マグネトロンスパッタ装置 (アネルバ社製 C-3010) の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度  $1 \times 10^{-5}$  Pa となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に Co-4Zr-7Nb (Zr 含有量 4 at%、Nb 含有量 7 at%、残部 Co) のターゲットを用いて 100℃ 以下の基板温度で 100 nm の軟磁性下地層 2 をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度  $B_s$  (T) と膜厚  $t$  (nm) の積  $B_s \cdot t$  (T·nm) が 120 (T·nm) であることを振動式磁気特性測定装置 (VSM) で確認した。

50

【 0 1 8 0 】

上記軟磁性下地層 2 の上に Ni 4 0 Ta { Ta 含有量 4 0 a t %、残部 Ni } ターゲット、Ru ターゲットを用いて、それぞれ 5 n m、2 0 n m の厚さで順に成膜し、配向制御層 3 とした。

【 0 1 8 1 】

配向制御層 3 の上に、( Co<sub>1</sub>, Cr<sub>1</sub>, Pt ) 9 0 - ( Si O<sub>2</sub> ) 1 0 { Cr 含有量 1 4 a t %、Pt 含有量 1 8 a t %、残部 Co の合金組成を 9 0 m o l %、Si O<sub>2</sub> からなる酸化物を 1 0 m o l % } からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を 8 P a とし、磁性層 4 a を 1 0 n m の厚さで形成した。

【 0 1 8 2 】

次に、磁性層 4 b として、Co と Pd のそれぞれのターゲットを用い、Co 0 . 2 n m、Pd 0 . 5 n m で交互に成膜することで、[ Co / Pd ] の積層膜を形成した。積層数は 1 0 とした。また、スパッタ圧力を 3 P a とした。

10

【 0 1 8 3 】

ついで C V D 法により膜厚 5 n m の保護層 5 を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層 6 を形成し、磁気記録媒体を作製した。

【 0 1 8 4 】

( 比較例 9、比較例 1 0 ) 磁性層 4 b の積層数を 2 0 としたほかは、比較例 8 に準じて磁気記録媒体を作製した。比較例 8、9、1 0 の磁気記録媒体の評価結果を表 1 に示している。

20

【 0 1 8 5 】

( 実施例 2 1 ~ 3 9 ) 磁性層 4 a および磁性層 4 b を、表 2 に示した組成、条件に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 2 1 ~ 3 9 の磁気記録媒体の評価結果を表 2 に示した。

【 0 1 8 6 】

【 表 2 】

	磁性層4				磁性層4b				磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性 [%/decade]
	磁性層4a				磁性層4b				静磁気特性		記録再生特性		
	組成 [(at%)/mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	保磁力 [Oe]	-H <sub>n</sub> [Oe]	OW [dB]	S/N [dB]			
実施例21	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co12Cr16Pt	10	3	3300[Oe]	1800[Oe]	51.5[dB]	19.3[dB]	0.11		
実施例22	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co14Cr16Pt	10	3	3700	1800	50.0	19.7	0.11		
実施例23	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	4000	1800	49.0	20.8	0.12		
実施例24	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co26Cr16Pt	10	3	4600	1700	50.5	20.1	0.14		
実施例25	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co28Cr16Pt	10	3	4550	1100	51.0	18.5	0.19		
実施例26	(Co10Cr15Pt2Cu)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr8Pt	10	3	3400	1300	53.0	18.9	0.23		
実施例27	(Co10Cr15Pt2Cu)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr10Pt	10	3	3550	1400	52.0	19.2	0.20		
実施例28	(Co10Cr15Pt2Cu)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	4150	1750	48.5	21.1	0.11		
実施例29	(Co10Cr15Pt2Cu)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr20Pt	10	3	4600	1900	45.5	20.8	0.10		
実施例30	(Co10Cr15Pt2Cu)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr24Pt	10	3	4300	1750	48.0	20.1	0.10		
実施例31	(Co10Cr14Pt4Mo)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	3950	1750	49.0	20.9	0.10		
実施例32	(Co10Cr14Pt4Nb)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	4050	1850	48.5	20.4	0.10		
実施例33	(Co10Cr14Pt3Ta)92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt2Nd	10	3	4100	1900	51.0	21.6	0.08		
実施例34	(Co10Cr14Pt4Ta6W)92-(Cr2O3)8	10	8	Co19Cr16Pt3B	10	3	3500	1200	54.0	19.4	0.20		
実施例35	(Co10Cr14Pt4Ta4W)92-(Cr2O3)8	10	8	Co19Cr16Pt3B	10	3	3950	1650	52.0	19.9	0.16		
実施例36	(Co10Cr14Pt2Ru)94-(Ta2O5)6	15	6	Co16Cr18Pt4Re2Tb	10	3	3750	1600	51.0	19.1	0.17		
実施例37	(Co10Cr14Pt)90-(TiO2)10	6	3	Co19Cr16Pt2B2Cu	24	0.7	3950	1800	49.0	19.3	0.15		
実施例38	(Co10Cr14Pt)90-(SiO2)4-(Al2O3)6	25	15	Co19Cr16Pt2Ta2Nd	15	2	3850	1600	54.0	18.7	0.22		
実施例39	(Co10Cr18Pt5Cu)88-(MgO)8-(Y2O3)4	18	12	Co23Cr16Pt1Cu1B	12	7	4100	1650	52.0	19.3	0.16		

10

20

30

40

【 0 1 8 7 】

(実施例40, 41) 垂直磁性層4の構成を表3に示した成膜順(磁性層4b、磁性層4a)とし、また組成を表3の組成に変えた他は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例40, 41の磁気記録媒体の評価結果を表3に示した。

【 0 1 8 8 】

【表3】

	磁性層4		磁性層4a				磁気特性			記録再生特性		熱揺らぎ特性 [%decade]
	磁性層4b 組成 [at%]	厚さ	成膜圧力	組成 [(at%)mol%]	厚さ	成膜圧力	静磁気特性		—Hn	OW	S/N	
							保磁力					
実施例40	Co12Cr16Pt	10[nm]	2[Pa]	(Co12Cr16Pt)93-(SiO2)7	10[nm]	6[Pa]	3650[Oe]	1550[Oe]	53[dB]	18.5[dB]	0.12	
実施例41	Co20Cr12Pt3Sm	6	0.7	(Co10Cr14Pt)94-(SiO2)6	16	4	3700	1650	52.0	18.6	0.12	

10

20

30

40

【 0 1 8 9 】

( 実施例 4 2 ～ 4 4 ) 垂直磁性層 4 の構成を表 4 に示した成膜順 ( 磁性層 4 a 、磁性層 4 b - 1 、磁性層 4 b - 2 ) とし、また組成を表 4 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 2 ～ 4 4 の磁気記録媒体の評価結果を表 4 に示した。

【 0 1 9 0 】

【 表 4 】

50

	磁性層4 磁性層4a 組成 [at%]	磁性層4b-1			磁性層4b-2			磁気特性			記録再生特性	熱揺らぎ特性
		組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%mol%)]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	静磁気特性 保磁力 [Oe]	-Hh	OW	S/N	
実施例42	(Co8Cr12Pt)94-(SiO2)6	5 [Pa]	14 [nm]	5 [Pa]	Co23Cr14Pt	6 [nm]	0.7 [Pa]	4000 [Oe]	1900 [Oe]	49 [dB]	20.9 [dB]	0.11
実施例43	(Co8Cr12Pt)94-(SiO2)6	5	14	5	Co23Cr14Pt	6	0.7	4150	1750	53	21.1	0.12
実施例44	(Co10Cr16Pt)94-(Cr2O3)6	9	12	9	Co16Cr12Pt2B	7	3	4200	1850	51	21.2	0.11

10

20

30

40

## 【 0 1 9 1 】

(実施例 4 6 , 4 7 ) ・ 垂直磁性層 4 の構成を表 5 に示した成膜順 (磁性層 4 b - 1 、 磁性層 4 a - 1 、 磁性層 4 b - 2 、 磁性層 4 a - 2 、 磁性層 4 b - 3 ) とし、また組成を次表 5 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 6 , 4 7 の磁気記録媒体の評価結果を表 6 に示した。

## 【 0 1 9 2 】

50

【表 5】

	磁性層4				磁性層4a-1				磁性層4b-2				磁性層4a-2				磁性層4b-3			
	組成 [at%]	厚度 [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%)/mol%]	厚度 [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%)/mol%]	厚度 [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%)/mol%]	厚度 [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%)/mol%]	厚度 [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%)/mol%]	厚度 [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [(at%)/mol%]	厚度 [nm]
実施例46	Co <sub>20</sub> Cr <sub>14</sub> Pt <sub>2</sub> B	4	0.7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt) <sub>95</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	6	6	6	6	6	6	0.7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt) <sub>95</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	0.7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt) <sub>95</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	6	6	0.7
実施例47	Co <sub>20</sub> Cr <sub>14</sub> Pt <sub>2</sub> B	4	0.7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt) <sub>95</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	6	6	6	6	6	6	0.7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt) <sub>95</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	0.7	(Co <sub>14</sub> Cr <sub>18</sub> Pt) <sub>95</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	6	6	0.7

10

20

30

40

【 0 1 9 3 】

【表 6】



	磁気特性				
	静磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性
	保磁力 [Oe]	-Hn [Oe]	OW [dB]	S/N [dB]	[%decay]
実施例46	3950	1550	49.0	22.5	0.11
実施例47	4150	1600	49.0	22.7	0.10

【 0 1 9 4 】

10

( 実施例 4 8 ) 垂直磁性層 4 の構成を表 6 に示した成膜順 ( 磁性層 4 a 、磁性層 4 b - 1 、非磁性層 9 、磁性層 4 b - 2 ) とし、また組成を表 7 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 8 の磁気記録媒体の評価結果を表 7 に示した。

【 0 1 9 5 】

【 表 7 】

磁性層4	磁性層4a			磁性層4a-1			非磁性層9			磁性層4b-2			磁気特性		記録再生特性		熱特性	
	組成	厚さ	成膜圧力	組成	厚さ	成膜圧力	組成	厚さ	成膜圧力	組成	厚さ	成膜圧力	保磁力	-Hn	OW	S/N	熱安定性	[Medicade]
実施例48	Co12Cr17Pt1W95-(Al2O3)5	10[nm]	6[Psi]	Co24Cr16Pt	5[nm]	3[Psi]	Co33Cr	2[nm]	2[Psi]	Co19Cr12Pt2ORe	6[nm]	2[Psi]	3450[Oe]	1700[Oe]	48[db]	22.9[db]	0.13	

10

20

30

40

【 0 1 9 6 】

( 実施例 4 9 ) 垂直磁性層 4 の構成を表 7 に示した成膜順 ( 磁性層 4 a - 1 、非磁性層 9 、磁性層 4 a - 2 、磁性層 4 b ) とし、また組成を表 8 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 9 の磁気記録媒体の評価結果を表 8 に示した。

50

【 0 1 9 7 】

【 表 8 】

磁性層4	磁性層4a-1			非磁性層9			磁性層4a-2			磁性層4b			磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性	
	組成	組成	組成	組成	組成	組成	組成	組成	組成	組成	組成	組成	保持力	-Hn	OW	S/N	94decide	0.11
実施例49	(Co10Cr11Pt92-(MgO)8)	12[nm]	4[Pa]	Ru	1[nm]	Co25Cr14Pt4MB	4[nm]	3[Pa]	Co19Cr11Pt3B	4[nm]	3[Pa]	3750[Oe]	1600[Oe]	49[dB]	21.5[dB]			

10

20

30

40

【 0 1 9 8 】

(実施例50～53) 垂直磁性層4の構成を表7に示した成膜順(磁性層4a-1、非磁性層9、磁性層4a-2、磁性層4b)とし、また組成を表9の組成に変えた他は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例50～53の磁気記録媒体の評価結

50

果を表 9 に示した。

【 0 1 9 9 】

【 表 9 】

磁性層4	磁性層4a-1				非磁性層9				磁性層4a-2				磁性層4b		磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性	
	組成 [at%mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	保磁力 [Oe]	-Hn [Oe]	OW [dB]	S/N	熱揺らぎ特性 [%decade]
実施例50	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	5	(Co50Ru)93-(SiO2)7	2	8	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	8	Co19Cr11P8B	4	3	3900 [Oe]	1700 [Oe]	50 [dB]	21.1 [dB]				0.13
実施例51	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	5	(Co50Ru)93-TiN)7	1.5	8	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	8	Co19Cr11P8B	4	3	3800	1650	50	21.5				0.13
実施例52	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	5	Ru92-TaC)8	2.5	8	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	8	Co19Cr11P8B	4	3	3950	1700	51	20.8				0.13
実施例53	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	5	C20W	0.5	8	(Co12C15P80-Y2O3)10	8	8	Co19Cr11P8B	4	3	3400	1450	53	19.4				0.15

10

20

30

40

【 0 2 0 0 】

(実施例 5 4) 洗浄済みのガラス基板 (オハラ社製、外形 2.5 インチ) を D C マグネ 50

トロンスパッタ装置（ANELBA社製C-3010）の成膜チャンバ内に收容して、到達真空度 $1 \times 10^{-5}$  Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上にCo-4Zr-7Nb {Zr含有量4 at%、Nb含有量7 at%、残部Co}のターゲットを用いて100℃以下の基板温度で100 nmの軟磁性下地層2をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度Bs (T)と膜厚t (nm)の積Bs・t (T・nm)が120 (T・nm)であることを振動式磁気特性測定装置 (VSM) で確認した。

【0201】

上記軟磁性下地層2の上にRuターゲットを用いて、20 nmの厚さで成膜し、配向制御層3とした。

【0202】

配向制御層3の上に、(Co12Cr20Pt)90-(SiO<sub>2</sub>)10 {Cr含有量12 at%、Pt含有量20 at%、残部Coの合金組成を90 mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物を10 mol%}からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を0.7 Paとして磁性層4aを10 nmの厚さで形成した。

【0203】

次に、Co20Cr13Pt3B {Cr含有量20 at%、Pt含有量13 at%、B含有量3 at%、残部Co}からなるターゲットを用いて、スパッタ圧力を3 Paとして磁性層4bを10 nmの厚さで形成した。

【0204】

ついでCVD法により膜厚5 nmの保護層5を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層6を形成し、磁気記録媒体を得た。この実施例54の磁気記録媒体の評価結果を表10に示した。

【0205】

【表10】

	配向制御層3 組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	中間層8 組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性 [%decade]
					静磁気特性 保磁力 [Oe]	-H <sub>n</sub> [Oe]	OW [dB]	S/N [dB]	
実施例 54	Ru	20	—	—	4200	1600	50	20.9	0.13
実施例 55	Pd	15	—	—	4300	1550	51	20.5	0.14
実施例 56	Pt	15	—	—	4500	1800	49	21.5	0.11
実施例 57	(Ru)90-(SiO <sub>2</sub> )10	25	—	—	3600	1400	54	20.8	0.15
実施例 58	(Ni <sub>40</sub> Ta) <sub>95</sub> -(TiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	25	—	—	3400	1100	55	19.6	0.21
実施例 59	(Pt) <sub>94</sub> -(TaC) <sub>6</sub>	30	—	—	3500	1250	54	20.4	0.19
実施例 60	(Pt) <sub>94</sub> -(Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) <sub>6</sub>	20	—	—	3600	1100	54	19.4	0.17
実施例 61	Ru	20	Co <sub>35</sub> Cr	2	4500	1750	50	21.5	0.11
実施例 62	Ru	20	C <sub>40</sub> Cr <sub>8</sub> Pt <sub>3</sub> Ta	3	4450	1800	49	21.8	0.11
実施例 63	Ru	20	(Co <sub>30</sub> Cr <sub>5</sub> Pt) <sub>94</sub> -(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	5	3900	1550	50	21.1	0.14
実施例 64	Ru	20	(Co <sub>38</sub> Cr <sub>4</sub> Pt <sub>6</sub> B) <sub>92</sub> -(AlN) <sub>8</sub>	5	3800	1600	50	20.4	0.16
実施例 65	Ru	20	(Co <sub>38</sub> Cr <sub>4</sub> Pt <sub>6</sub> B) <sub>92</sub> -(BC) <sub>8</sub>	5	3400	1200	51	19.3	0.19
実施例 66	Ru	20	(Co <sub>38</sub> Cr <sub>4</sub> Pt <sub>6</sub> B) <sub>92</sub> -(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>8</sub>	8	3600	1350	51	19.5	0.17

10

20

30

40

## 【 0 2 0 6 】

(実施例 55 ~ 60) 配向制御層 3 の材料を表 10 に示した材料に変えた他は、実施例 54 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 55 ~ 60 の磁気記録媒体の評価結果を表 10 に示した。

## 【 0 2 0 7 】

(実施例 61) 洗浄済みのガラス基板 (オハラ社製、外形 2.5 インチ) を DC マグネトロンスパッタ装置 (アネルバ社製 C-3010) の成膜チャンバ内に収容して、到達真 50

空度  $1 \times 10^{-5}$  Pa となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に Co-4Zr-7Nb {Zr 含有量 4 at%、Nb 含有量 7 at%、残部 Co} のターゲットを用いて 100℃ 以下の基板温度で 100 nm の軟磁性下地層 2 をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度  $B_s$  (T) と膜厚  $t$  (nm) の積  $B_s \cdot t$  (T·nm) が 120 (T·nm) であることを振動式磁気特性測定装置 (VSM) で確認した。

【0208】

上記軟磁性下地層 2 の上に Ru ターゲットを用いて、20 nm の厚さで成膜し、配向制御層 3 とした。

【0209】

配向制御層 3 の上に、中間層 8 として Co<sub>35</sub>Cr {Cr 含有量 35 at%、残部 Co} のターゲットを用いて、2 nm の厚さを形成した。 10

【0210】

中間層 8 の上に (Co<sub>12</sub>Cr<sub>2</sub>Pt)<sub>90</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub> {Cr 含有量 12 at%、Pt 含有量 20 at%、残部 Co の合金組成を 90 mol%、SiO<sub>2</sub> からなる酸化物を 10 mol%} からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を 0.7 Pa として磁性層 4a を 10 nm の厚さで形成した。

【0211】

次に、Co<sub>20</sub>Cr<sub>13</sub>Pt<sub>3</sub>B {Cr 含有量 20 at%、Pt 含有量 13 at%、B 含有量 3 at%、残部 Co} からなるターゲットを用いて、スパッタ圧力を 3 Pa として磁性層 4b を 10 nm の厚さ形成した。 20

【0212】

ついで CVD 法により膜厚 5 nm の保護層 5 を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層 6 を形成し、磁気記録媒体を得た。この実施例 61 の磁気記録媒体の評価結果を表 10 に示した。

【0213】

(実施例 62 ~ 66) 中間層 8 を表 8 に示した材料に変えた他は、実施例 61 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 62 ~ 66 の磁気記録媒体の評価結果を表 10 に示した。

【0214】

(実施例 67 ~ 78) 垂直磁性層 4 の材料、添加ガス、基板 Bias 等の条件を、表 9 に示した条件に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 67 ~ 78 の磁気記録媒体の評価結果を表 11 に示した。 30

【0215】

【表 11】

10

20

30

40

磁性層4															
磁性層4a															
	組成	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	添加ガス	基板Bias	磁性層4b			磁気特性		記録再生特性			熱揺らぎ特性 [%decade]	
						組成	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	添加ガス	基板Bias	保磁力 [Oe]	-H <sub>n</sub> [Oe]	OW [dB]		S/N [dB]
実施例 67	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	—	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4300	2000	51.5	21.5	0.09
実施例 68	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.3vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4450	2000	50.5	21.9	0.09
実施例 69	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.6vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4600	2000	49	22.5	0.09
実施例 70	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 1.2vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4550	2000	49	22.4	0.09
実施例 71	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 2vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4500	1950	50	22.1	0.09
実施例 72	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 4vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4200	1600	53	19.7	0.13
実施例 73	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	N <sub>2</sub> 0.5vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4300	1850	52	21.8	0.09
実施例 74	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.6vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	O <sub>2</sub> 0.3vol%	—	4400	1900	51.5	22.9	0.09
実施例 75	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.6vol%	-150 V	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4700	2050	49	22.6	0.09
実施例 76	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.6vol%	-300 V	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4700	2000	49	22.8	0.09
実施例 77	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.6vol%	-600 V	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	—	4650	2000	49	22.5	0.09
実施例 78	(Co <sub>10</sub> Cr <sub>16</sub> Pt) <sub>92</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub>	9	6	O <sub>2</sub> 0.6vol%	—	Co <sub>23</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>1</sub> Cu <sub>1</sub> B	9	0.7	—	-200 V	4750	2000	48	23.5	0.09

## 【 0 2 1 6 】

表 1 において、実施例 5 と比較例 1、2、4、5、6、8、9、10 との比較から、本発明における垂直磁性層 4 を形成するにあたり、この垂直磁性層 4 を、Co を主成分とするとともに Pt を含みかつ酸化物を含む磁性層と、Co を主成分とするとともに Cr を含みかつ酸化物を含まない磁性層とで構成することの効果が分かる。本発明の実施例 5 の方が、酸化物を含んだ磁性層のみの比較例 1、2 に比べて、逆磁区核形成磁界（-H<sub>n</sub>）が大きく向上し、熱揺らぎ特性および記録再生特性（S/N 比、記録特性）において優れていることが解る。

50



【 0 2 1 7 】

特に、実施例 5 と比較例 6、7、8、9 から、本発明においては、磁性層 4 b として C o を主成分とするとともに少なくとも C r を含んでいることが重要であることが解る。

【 0 2 1 8 】

実施例 1 と比較例 3 の比較から、垂直磁性層 4 を形成するにあたり、少なくとも 1 層は酸化物を含んだ磁性層が必要であることが分かる。

【 0 2 1 9 】

実施例 5、9 ~ 1 3 の比較から、酸化物を含む磁性層 4 a の酸化物の含有量は、3 m o l % 以上 1 2 m o l % 以下が好ましいことが解る。

【 0 2 2 0 】

実施例 5、1 4 ~ 1 7 の比較から、酸化物を含む磁性層 4 a の C r 含有量は、6 a t % 以上 1 6 a t % 以下が好ましいことが解る。

【 0 2 2 1 】

実施例 5、1 8 ~ 2 0 の比較から、酸化物を含む磁性層 4 a の P t 含有量は、1 0 a t % 以上 2 0 a t % 以下が好ましいことが解る。

【 0 2 2 2 】

次に表 2 において、実施例 2 1 ~ 2 5 の比較から、酸化物を含まない磁性層 4 b の C r 含有量は、1 4 a t % 以上 3 0 a t % 以下の範囲が好ましいことが解る。

【 0 2 2 3 】

実施例 2 6 ~ 3 0 の比較から、酸化物を含まない磁性層 4 b の P t 含有量は、8 a t % 以上 2 0 a t % 以下の範囲が好ましいことが解る。

【 0 2 2 4 】

また、表 2 より、酸化物を含む磁性層 4 a の酸化物は、C r <sub>2</sub> O <sub>3</sub>、S i O <sub>2</sub>、T a <sub>2</sub> O <sub>5</sub> などが好ましいことが解る。また、複数種の酸化物を含む材料でもかまわないことが解る。

【 0 2 2 5 】

垂直磁性層 4 に使われる材料として、C o、C r、P t の他に、B、T a、M o、C u、N d、W、N b、S m、T b、R u、R e のうち選ばれた 1 種以上の元素が含まれていてもかまわないことが解る。

【 0 2 2 6 】

表 3 から、垂直磁性層 4 の構成を、酸化物を含まない磁性層 4 b、酸化物を含む磁性層 4 a の順としてもかまわないことが解る。

【 0 2 2 7 】

表 4、表 5、表 6 から、垂直磁性層 4 の構成を 3 種類の磁性層から形成してもかまわないことが解る。

【 0 2 2 8 】

表 7、表 8 および表 9 から、垂直磁性層 4 の任意の磁性層の間に、非磁性層 9 を形成することもできることが解る。

【 0 2 2 9 】

また、垂直磁性層 4 の構成として、酸化物を含む磁性層を複数層形成することができることが解る。

【 0 2 3 0 】

表 1 0 からは、配向制御層 3 として、R u、P t、P d の h c p 構造をとる金属材料の他に、酸化物、金属窒化物、金属炭化物を含んだ材料も使うことができることが解る。

【 0 2 3 1 】

また、配向制御層 3 と垂直磁性層 4 の間に、中間層 8 を設けることができることが解る。

【 0 2 3 2 】

表 1 1 からは、垂直磁性層 4 を形成する際のガス添加および基板 B i a s により、特性が向上していることが解る。

【 0 2 3 3 】

10

30

40

50

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた垂直磁気記録媒体において、垂直磁性層が2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層がCoを主成分とするとともにPtを含み、酸化物を含んだ磁性層であり、他の少なくとも1層がCoを主成分とするとともにCrを含み、酸化物を含まない磁性層からなることを特徴とし、これにより磁性粒子の微細化と磁氣的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比（S／N）を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を向上させることで熱揺らぎ特性も向上し、さらに優れた記録特性（OW）を有した媒体を得ることができる。

10

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における磁気記録媒体の一例の構造を示す縦断面図である。

【図2】垂直磁性層の構成を示す縦断面図である。

【図3】磁性層において磁性粒子が柱状構造とならない場合を示す図である。

【図4】MH曲線の1例を示す図である。

【図5】MH曲線の他の例を示す図である。

【図6】本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【図7】本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【図8】本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【図9】本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

20

【図10】本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【図11】本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【図12】本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略図であり、（a）は全体構成を示し、（b）は磁気ヘッドを示す。

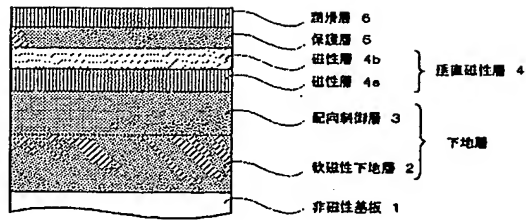
## 【符号の説明】

- 1 非磁性基板
- 2 軟磁性下地層
- 3 配向制御層
- 4 垂直磁性層
- 4 a, 4 a - 1, 4 a - 2 酸化物を含んだ磁性層
- 4 b, 4 b - 1, 4 b - 2, 4 b - 3 酸化物を含まない磁性層
- 5 保護層
- 6 潤滑層
- 8 中間層
- 9, 9 1, 9 2 非磁性層
- 1 0 磁気記録媒体
- 1 1 媒体駆動部
- 1 2 磁気ヘッド
- 1 3 ヘッド駆動部
- 1 4 記録再生信号処理系
- 4 1 酸化物
- 4 2, 4 3 磁性粒子

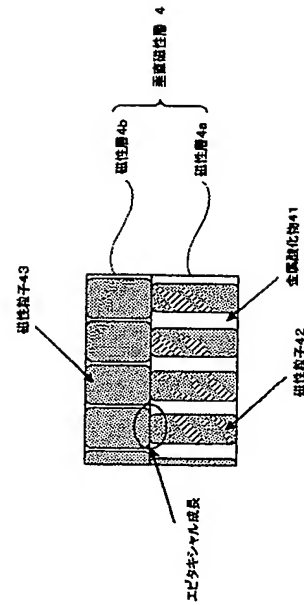
30

40

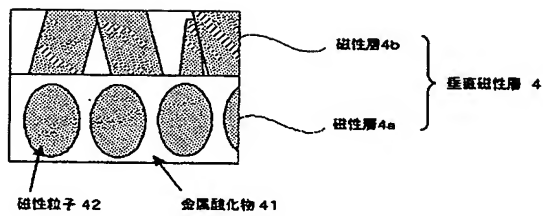
【 図 1 】



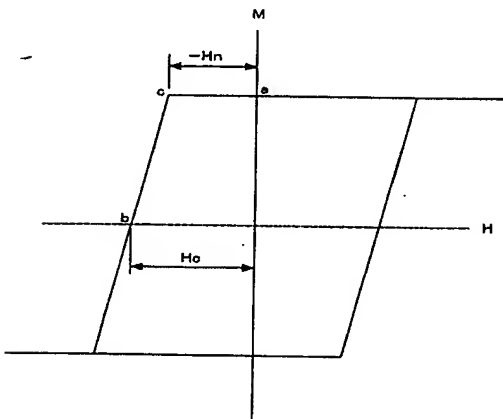
【 図 2 】



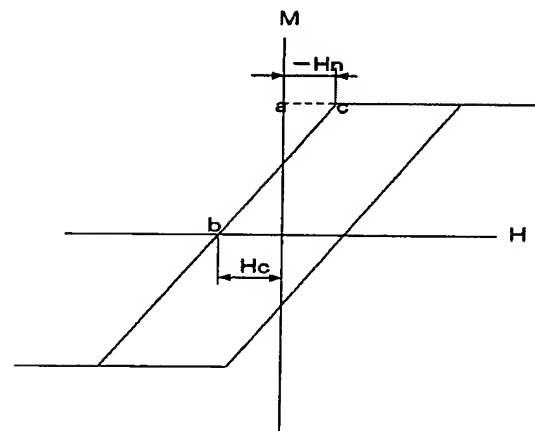
【 図 3 】



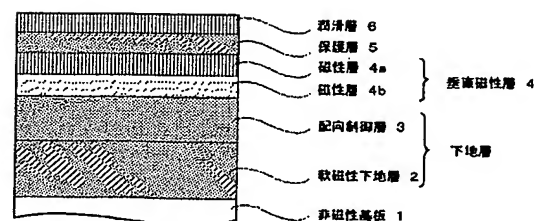
【 図 4 】



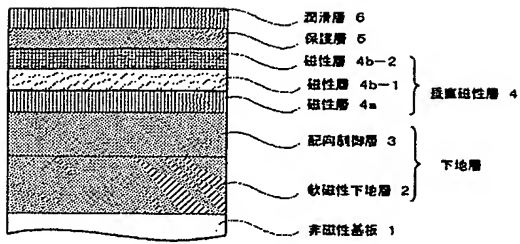
【 図 5 】



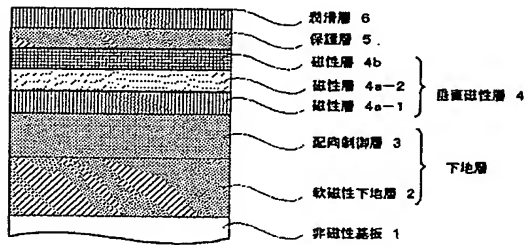
【 図 6 】



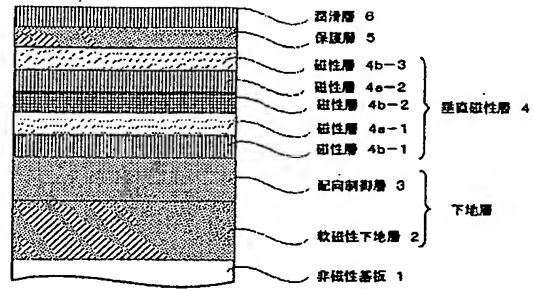
【 図 7 】



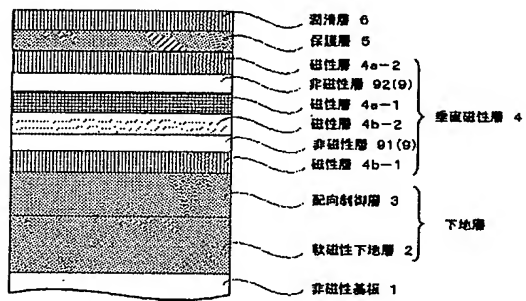
【 図 8 】



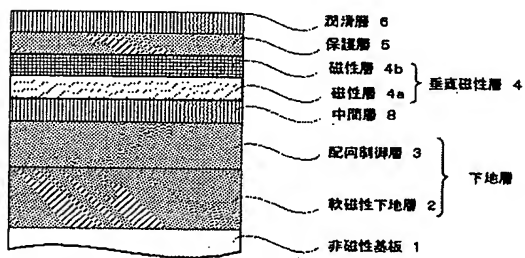
【 図 9 】



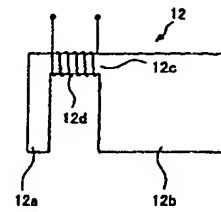
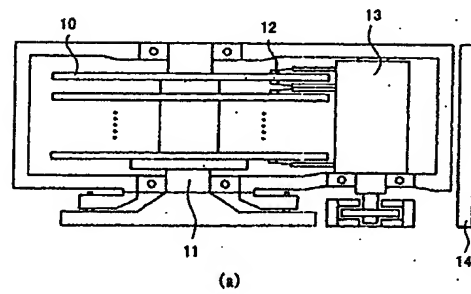
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



【手続補正書】

【提出日】平成16年4月8日(2004.4.8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体において、

前記垂直磁性層は、2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層がCoを主成分とするとともにPtを含み、酸化物を含んだ層であり、他の少なくとも1層がCoを主成分とするとともにCrを含み、酸化物を含まない層からなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いている、ことを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項3】前記酸化物が、Cr、Si、Ta、Al、Tiの中から選ばれる1種類以上の非磁性金属の酸化物であることを特徴とする請求項1または2のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】前記酸化物が、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>のいずれかからなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】前記酸化物を含んだ磁性層における酸化物の含有量が、3mol%以上12mol%以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】前記酸化物を含む磁性層は、Coを主成分とし、Cr含有量が0at%以上16at%以下、Pt含有量が10at%以上25at%以下であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】前記酸化物を含む磁性層が、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8at%以下であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項8】前記酸化物を含まない磁性層が、Coを主成分とし、Cr含有量が14at%以上30at%以下であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項9】前記酸化物を含まない磁性層が、Coを主成分とし、Cr含有量が14at%以上30at%以下、Pt含有量が8at%以上20at%以下であることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】前記酸化物を含まない磁性層が、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8at%以下であることを特徴とする請求項1ないし9のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項11】前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項12】前記垂直磁性層が、酸化物を含む層を2層以上含んでいることを特徴とする請求項1ないし11のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項13】前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を2層以上含んでいることを特徴とする請求項1ないし12のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項14】前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴とする請求項1ないし13のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 15】前記垂直磁性層は複数の磁性層から構成され、下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して 1 対 1 に対応し、または下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の複数の結晶粒子が成長して 1 対複数で対応し、または下層にある複数の結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して複数対 1 で対応して存在していることを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 16】前記上層と下層とは、一方が酸化物を含む磁性層のとき他方は酸化物を含まない磁性層であることを特徴とする請求項 15 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 17】非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体の製造方法において、

前記垂直磁性層を 2 層以上の磁性層で形成し、少なくとも 1 層を Co を主成分とするとともに Pt を含み、酸化物を含んだ層とし、他の少なくとも 1 層を Co を主成分とするとともに Cr を含み、酸化物を含まない層とすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 18】前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いていることを特徴とする請求項 17 に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 19】前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴とする請求項 17 または 18 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 20】前記垂直磁性層は、酸化物を含む層を 2 層以上含んでいることを特徴とする請求項 17 ないし 19 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 21】前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を 2 層以上含んでいることを特徴とする請求項 17 ないし 20 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 22】前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴とする請求項 17 ないし 21 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 23】前記垂直磁性層は複数の磁性層から構成され、下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して 1 対 1 に対応し、または下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の複数の結晶粒子が成長して 1 対複数で対応し、または下層にある複数の結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して複数対 1 で対応して存在していることを特徴とする請求項 17 ないし 22 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 24】前記上層と下層とは、一方が酸化物を含む磁性層のとき他方は酸化物を含まない磁性層であることを特徴とする請求項 23 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 25】前記垂直磁性層を形成する際、成膜ガスに酸素ガスを添加することを特徴とする請求項 17 ないし 24 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 26】磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気記録媒体が請求項 1 ないし 16 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

磁気記録再生装置の一種であるハードディスク装置（HDD）は、現在その記録密度が年率 60% 以上で増えており今後もその傾向は続くと言われている。そのために高記録密度に適した磁気記録用ヘッドの開発、磁気記録媒体の開発が進められている。

【0003】

現在、市販されている磁気記録再生装置に搭載されている磁気記録媒体は、主に、磁性膜

内の磁化容易軸が基板に対して水平に配向した面内磁気記録媒体である。ここで磁化容易軸とは、磁化の向き易い軸のことであり、C o 基合金の場合、C o の h c p 構造の c 軸のことである。

【 0 0 0 4 】

このような面内磁気記録媒体では、高記録密度化すると記録ビットの1ビットあたりの磁性層の体積が小さくなりすぎ、熱揺らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ビット間の境界領域で発生する反磁界の影響により媒体ノイズが増加する傾向がある。

【 0 0 0 5 】

これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、記録ビット間の境界領域における反磁界の影響が小さく、鮮明なビット境界が形成されるため、ノイズの増加が抑えられる。しかも、高記録密度化に伴う記録ビット体積の減少が少なくすむため、熱揺らぎ効果にも強い。そこで、近年大きな注目を集めており、垂直磁気記録に適した媒体の構造が提案されている。

【 0 0 0 6 】

近年では、磁気記録媒体の更なる高記録密度化という要望に応えるべく、垂直磁性層に対する書きこみ能力に優れている単磁極ヘッドを用いることが検討されている。そのような単磁極ヘッドに対応するために、記録層である垂直磁性層と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設けることにより、単磁極ヘッドと、磁気記録媒体の間の磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のように単に裏打ち層を設けた磁気記録媒体を用いた場合では、記録再生時の記録再生特性や、熱揺らぎ耐性、記録分解能において満足できるものではなく、これら特性に優れる磁気記録媒体が要望されていた。

【 0 0 0 8 】

とりわけ記録再生特性として重要な再生時における信号とノイズの比 (S/N比) を大きくする高S/N化と、熱揺らぎ耐性の向上の両立は、これからの高記録密度化においては必須事項である。しかし、この2項目は相反する関係を有し、一方を向上させれば、一方が不十分になり、高レベルでの両立は重要な課題となっている。

【 0 0 0 9 】

垂直磁気記録媒体の問題の一つとして、記録再生を行う磁性層に一般的なC o C r P t系の磁性層を用いると、C rの偏析が不十分であり、磁性粒子の物理的な分離、微細化および磁気的な孤立化が不十分となるため、良好な記録再生特性が得られにくい、ということがあげられる。

【 0 0 1 0 】

一方で、面内磁気記録媒体の磁性層でC o C r P tに酸化物を含んだ材料を利用することが提案されている (例えば、特許文献1参照)。

【 0 0 1 1 】

【特許文献1】

特開2000-276729公報

【 0 0 1 2 】

このような磁性層は、C r偏析による代りに酸化物を使うことで、垂直磁気記録媒体でもある程度十分な粒分離が可能である。

【 0 0 1 3 】

しかし、上記のような媒体では、材料中のC r添加量を減らし、代りに酸化物を添加した材料を用いるが、C r添加量が少ないため磁性層中の磁性粒子中のP t比率が多くなり、磁性粒子の磁気異方性定数K uが大きくなるため、磁性層の保磁力が大きくなりすぎ、ヘッドによるデータの記録が十分行えない、といった問題がある。

【 0 0 1 4 】

そこで、磁性層の厚さを薄くする、Cr添加量を増加させる、といった手法により、磁性層の保磁力を下げ、十分な記録をおこなう方法をとる必要がある。一方で、磁性層の薄膜化やCr含有量の増加による磁性粒子の磁気異方性定数Ku低下さらには保磁力、逆磁区核形成磁界を低下させるということは、熱揺らぎ特性の劣化を招く。さらには、データを再生する際の出力が小さくなるため、記録再生システム固有のシステムノイズとの比が小さくなり、十分な再生特性が得られなくなるおそれがある。その結果、高密度記録に適さない特性となってしまう。

【0015】

よって、熱揺らぎ特性の向上と、高密度記録に十分な記録再生特性、特に良好なデータの記録特性と高い再生時における信号とノイズの比(S/N比)をもった磁気記録媒体が望まれている。

【0016】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、記録再生特性、熱揺らぎ特性を向上させ、高密度の情報記録再生が可能な磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

【0018】

(1) 非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層がCoを主成分とするとともにPtを含み、酸化物を含んだ層であり、他の少なくとも1層がCoを主成分とするとともにCrを含み、酸化物を含まない層からなることを特徴としている。

【0019】

(2) (1)に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いている、ことを特徴としている。

【0020】

(3) (1)または(2)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物が、Cr、Si、Ta、Al、Tiの中から選ばれる1種類以上の非磁性金属の酸化物であることを特徴としている。

【0021】

(4) (1)乃至(3)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物が、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>のいずれかからなることを特徴としている。

【0022】

(5) (1)乃至(4)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含んだ磁性層における酸化物の含有量が、3mol%以上12mol%以下であることを特徴としている。

【0023】

(6) (1)乃至(5)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含む磁性層は、Coを主成分とし、Cr含有量が0at%以上16at%以下、Pt含有量が10at%以上25at%以下であることを特徴としている。

【0024】

(7) (1)乃至(6)のいずれか1項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含む磁性層が、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reのうち選ばれた1種類以上の元素を含み、その合計の含有量が8at%以下であることを特徴としている。

【0025】



( 8 ) ( 1 ) 乃至 ( 7 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含まない磁性層が、C o を主成分とし、C r 含有量が 1 4 a t % 以上 3 0 a t % 以下であることを特徴としている。

[ 0 0 2 6 ]

( 9 ) ( 1 ) 乃至 ( 8 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含まない磁性層が、C o を主成分とし、C r 含有量が 1 4 a t % 以上 3 0 a t % 以下、P t 含有量が 8 a t % 以上 2 0 a t % 以下であることを特徴としている。

[ 0 0 2 7 ]

( 1 0 ) ( 1 ) 乃至 ( 9 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記酸化物を含まない磁性層が、B、T a、M o、C u、N d、W、N b、S m、T b、R u、R e のうち選ばれた 1 種類以上の元素を含み、その合計の含有量が 8 a t % 以下であることを特徴としている。

[ 0 0 2 8 ]

( 1 1 ) ( 1 ) 乃至 ( 1 0 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴としている。

[ 0 0 2 9 ]

( 1 2 ) ( 1 ) 乃至 ( 1 1 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層が、酸化物を含む層を 2 層以上含んでいることを特徴としている。

[ 0 0 3 0 ]

( 1 3 ) ( 1 ) 乃至 ( 1 2 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を 2 層以上含んでいることを特徴としている。

[ 0 0 3 1 ]

( 1 4 ) ( 1 ) 乃至 ( 1 3 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴としている。

[ 0 0 3 2 ]

( 1 5 ) ( 1 ) 乃至 ( 1 4 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体において、前記垂直磁性層は複数の磁性層から構成され、下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して 1 対 1 に対応し、または下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の複数の結晶粒子が成長して 1 対複数で対応し、または下層にある複数の結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して複数対 1 で対応して存在していることを特徴としている。

[ 0 0 3 3 ]

( 1 6 ) ( 1 5 ) に記載の磁気記録媒体において、前記上層と下層とは、一方が酸化物を含む磁性層のとき他方は酸化物を含まない磁性層であることを特徴とする。

[ 0 0 3 4 ]

( 1 7 ) 非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層を 2 層以上の磁性層で形成し、少なくとも 1 層を C o を主成分とするとともに P t を含み、酸化物を含んだ層とし、他の少なくとも 1 層を C o を主成分とするとともに C r を含み、酸化物を含まない層とすることを特徴としている。

[ 0 0 3 5 ]

( 1 8 ) ( 1 7 ) に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記酸化物を含んだ磁性層は、その層中に磁性を有した結晶粒子が分散しており、該結晶粒子はその層を柱状に貫いていることを特徴としている。

[ 0 0 3 6 ]

( 1 9 ) ( 1 7 ) または ( 1 8 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む磁性層の上に酸化物を含まない磁性層が設けられていることを特徴としている。

[ 0 0 3 7 ]

( 2 0 ) ( 1 7 ) 乃至 ( 1 9 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層は、酸化物を含む層を 2 層以上含んでいることを特徴としている。

[ 0 0 3 8 ]

( 2 1 ) ( 1 7 ) 乃至 ( 2 0 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層は、酸化物を含まない層を 2 層以上含んでいることを特徴としている。

[ 0 0 3 9 ]

( 2 2 ) ( 1 7 ) 乃至 ( 2 1 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層は、磁性層と磁性層との間に非磁性層を有していることを特徴としている。

[ 0 0 4 0 ]

( 2 3 ) ( 1 7 ) 乃至 ( 2 2 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層は複数の磁性層から構成され、下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して 1 対 1 に対応し、または下層にある 1 つの結晶粒子の上に上層の複数の結晶粒子が成長して 1 対複数で対応し、または下層にある複数の結晶粒子の上に上層の 1 つの結晶粒子が成長して複数対 1 で対応して存在していることを特徴としている。

[ 0 0 4 1 ]

( 2 4 ) ( 2 3 ) に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記上層と下層とは、一方が酸化物を含む磁性層のとき他方は酸化物を含まない磁性層であることを特徴としている。

[ 0 0 4 2 ]

( 2 5 ) ( 1 7 ) 乃至 ( 2 4 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記垂直磁性層を形成する際、成膜ガスに酸素ガスを添加することを特徴としている。

[ 0 0 4 3 ]

( 2 6 ) 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気記録媒体が ( 1 ) 乃至 ( 1 6 ) のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体であることを特徴としている。

[ 0 0 4 4 ]

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明における磁気記録媒体の一例の構造を示す縦断面図である。ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板 1 上に、軟磁性下地層 2 と、配向制御層 3 と、垂直磁性層 4 と、保護層 5 と、潤滑層 6 とが順次形成されている。軟磁性下地層 2 と、配向制御層 3 とが下地層を構成している。また、垂直磁性層 4 は磁性層 4 a と磁性層 4 b よりなる。

[ 0 0 4 5 ]

非磁性基板 1 としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を用いてもよいし、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を用いてもよい。

[ 0 0 4 6 ]

ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。

[ 0 0 4 7 ]

非磁性基板 1 としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いて N i P 層または N i P 合金層が形成されたものを用いることもできる。

[ 0 0 4 8 ]

非磁性基板 1 は、平均表面粗さ R a が 2 n m ( 2 0 Å ) 以下、好ましくは 1 n m 以下であることがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から望ましい。

[ 0 0 4 9 ]

また、表面の微小うねり ( $W_a$ ) が  $0.3 \text{ nm}$  以下 (より好ましくは  $0.25 \text{ nm}$  以下) であるのがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から好ましい。端面のチャンファー部の面取り部、側面部の少なくとも一方のいずれの表面平均粗さ  $R_a$  が  $10 \text{ nm}$  以下 (より好ましくは  $9.5 \text{ nm}$  以下) のものを用いることが磁気ヘッドの飛行安定性にとって好ましい。微小うねり ( $W_a$ ) は、例えば、表面荒粗さ測定装置 P-12 (KLM-Tencor 社製) を用い、測定範囲  $80 \mu\text{m}$  での表面平均粗さとして測定することができる。

#### 【0050】

軟磁性下地層 2 は、磁気ヘッドから発生する磁束の基板に対する垂直方向成分を大きくするために、また情報が記録される垂直磁性層 4 の磁化の方向をより強固に非磁性基板 1 と垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合に、より顕著なものとなるので好ましい。

#### 【0051】

上記軟磁性下地層 2 は、軟磁性材料からなるもので、この材料としては、Fe、Ni、Co を含む材料を用いることができる。

#### 【0052】

この材料としては、FeCo 系合金 (FeCo、FeCoV など)、FeNi 系合金 (FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSi など)、FeAl 系合金 (FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlO など)、FeCr 系合金 (FeCr、FeCrTi、FeCrCu など)、FeTa 系合金 (FeTa、FeTaC、FeTaN など)、FeMg 系合金 (FeMgO など)、FeZr 系合金 (FeZrN など)、FeC 系合金、FeN 系合金、FeSi 系合金、FeP 系合金、FeNb 系合金、FeHf 系合金、FeB 系合金などを挙げることができる。

#### 【0053】

また Fe を  $60 \text{ at}\%$  以上含有する FeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrN 等の微結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニューラー構造を有する材料を用いてもよい。

#### 【0054】

軟磁性下地層 2 の材料としては、上記のほか、Co を  $80 \text{ at}\%$  以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo 等のうち少なくとも 1 種を含有し、アモルファス構造を有する Co 合金を用いることができる。

#### 【0055】

この材料としては、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMo 系合金などを好適なものとして挙げることができる。

#### 【0056】

軟磁性下地層 2 の保磁力  $H_c$  は  $200 \text{ (Oe)}$  以下 (好ましくは  $50 \text{ (Oe)}$  以下) とするのが好ましい。

#### 【0057】

この保磁力  $H_c$  が上記範囲を超えると、軟磁気特性が不十分となり、再生波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。

#### 【0058】

軟磁性下地層 2 の飽和磁束密度  $B_s$  は、 $0.6 \text{ T}$  以上 (好ましくは  $1 \text{ T}$  以上) とするのが好ましい。この  $B_s$  が上記範囲未満であると、再生波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。

#### 【0059】

また、軟磁性下地層 2 の飽和磁束密度  $B_s \text{ (T)}$  と軟磁性下地層 2 の層厚  $t \text{ (nm)}$  との積  $B_s \cdot t \text{ (T} \cdot \text{nm)}$  が  $20 \text{ (T} \cdot \text{nm)}$  以上 (好ましくは  $40 \text{ (T} \cdot \text{nm)}$  以上) であることが好ましい。この  $B_s \cdot t$  が上記範囲未満であると、再生波形が歪みをもつようになり、OW (Over Write) 特性 (記録特性) が悪化するため好ましくない。

## 【 0 0 6 0 】

軟磁性下地層 2 の最表面（配向制御層 3 側の面）は、軟磁性下地層 2 を構成する材料が、部分的あるいは完全に酸化されて構成されていることが好ましい。例えば、軟磁性下地層 2 の表面（配向制御層 3 側の面）およびその近傍に、軟磁性下地層 2 を構成する材料が部分的に酸化されるか、もしくは前記材料の酸化物を形成して配されていることが好ましい。

## 【 0 0 6 1 】

これにより、軟磁性下地層 2 の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減して、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

## 【 0 0 6 2 】

また、軟磁性下地層 2 上に形成される配向制御層 3 の結晶粒の微細化して、記録再生特性を改善することができる。

## 【 0 0 6 3 】

この軟磁性下地層 2 の表面の酸化された部分は、例えば軟磁性下地層 2 を形成した後、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地層 2 の表面に近い部分を成膜する際のプロセス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地層 2 の表面を酸素に曝す場合には、酸素単体、あるいは酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガス雰囲気中に 0.3～20 秒程度保持しておけばよい。また、大気中に曝すこともできる。特に酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地層 2 表面の酸化の度合いの調節が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下地層 2 の成膜用のガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の 1 部のみに酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で 0.05%～50%（好ましくは 0.1～20%）程度混合したガスが好適に用いられる。

## 【 0 0 6 4 】

配向制御層 3 は、直上に設けられた垂直磁性層 4 の配向性や粒径を制御するものである。

## 【 0 0 6 5 】

この材料としては、特に限定されるものではないが、h c p 構造、f c c 構造、アモルファス構造を有するものが好ましい。特に、R u 系合金、N i 系合金、C o 系合金、P t 系合金が特に好ましい。

## 【 0 0 6 6 】

例として、N i 系合金であれば、N i を 33～80 a t % 含む、N i T a 合金、N i N b 合金、N i T i 合金、N i Z r 合金から選ばれた少なくとも 1 種類の材料からなることが好ましい。また、N i を 33～80 a t % 含む、S c、Y、T i、Z r、H f、N b、T a、C のうち 1 種または 2 種以上を含む非磁性材料であっても良い。この場合、配向制御層としての効果を維持し、磁性を持たない範囲ということで、N i の含有量は 33 a t %～80 a t % の範囲であることが好ましい。

## 【 0 0 6 7 】

このため、本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御層 3 の厚さを 0.5～40 n m（好ましくは 1～20 n m）とするのが好ましい。配向制御層 3 の厚さが 0.5～40 n m（好ましくは 1～20 n m）の範囲であるとき、垂直磁性層 4 の垂直配向性が特に高くなり、かつ記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離を小さくすることができるので、再生信号の分解能を低下させることなく記録再生特性を高めることができる。

## 【 0 0 6 8 】

この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性層 4 における垂直配向性が低下し、記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。

## 【 0 0 6 9 】

また、この厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性層 4 の磁性粒子径が大きくなり、ノイズ特性が劣化するおそれがあるため好ましくない。また記録時における磁気ヘッドと軟磁性

下地層 2 との距離が大きくなるため、再生信号の分解能や再生出力の低下するため好ましくない。

【 0 0 7 0 】

配向制御層 3 の表面形状は、垂直磁性層 4、保護層 5 の表面形状に影響を与えるため、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくして、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くするには、配向制御層 3 の表面平均粗さ  $R_a$  を  $2\text{ nm}$  以下とするのが好ましい。

【 0 0 7 1 】

この表面平均粗さ  $R_a$  を  $2\text{ nm}$  以下とすることによって、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくし、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くし、記録密度を高めることができる。

【 0 0 7 2 】

配向制御層 3 の成膜用のガスに酸素や窒素を導入してもよい。例えば、成膜法としてスパッタ法を用いるならば、プロセスガスとしては、アルゴンに酸素を体積率で  $0.05 \sim 50\%$  (好ましくは  $0.1 \sim 20\%$ ) 程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で  $0.01 \sim 20\%$  (好ましくは  $0.02 \sim 10\%$ ) 程度混合したガスが好適に用いられる。

【 0 0 7 3 】

また、配向制御層 3 が酸化物、金属窒化物、金属炭化物中に金属粒子が分散した構造となっていておかまわない。このような構造とするには、酸化物、金属窒化物、金属炭化物を含んだ合金材料を使用することで可能となる。酸化物としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  などが、金属窒化物としては、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{CrN}$  などが、金属炭化物としては、 $\text{TaC}$ 、 $\text{BC}$ 、 $\text{SiC}$  などが利用可能である。例えば、 $\text{NiTa-SiO}_2$ 、 $\text{RuCo-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ru-SiO}_2$ 、 $\text{Pt-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Pd-TaC}$  などをあげることができる。

【 0 0 7 4 】

配向制御層 3 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量としては、合金に対して、 $4\text{ mol}\%$  以上  $12\text{ mol}\%$  以下であることが好ましい。配向制御層 3 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲を超える場合、金属粒子中に酸化物、金属窒化物、金属炭化物が残留し、金属粒子の結晶性、配向性を損ねるほか、配向制御層 3 の上に形成された磁性層の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、配向制御層 3 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲未満である場合、酸化物、金属窒化物、金属炭化物の添加による効果が得られないため、好ましくない。

【 0 0 7 5 】

図 2 は垂直磁性層の構成を示す縦断面図である。垂直磁性層 4 は、その磁化容易軸が非磁性基板に対して垂直方向に向いたものであり、 $\text{Co}$  を主成分とするとともに少なくとも  $\text{Pt}$  を含み、酸化物 41 を含んだ磁性層 4a と、 $\text{Co}$  を主成分とするとともに少なくとも  $\text{Cr}$  を含み、酸化物を含まない磁性層 4b とからなる。

【 0 0 7 6 】

磁性層 4a は、 $\text{Co}$  を主成分とするとともに少なくとも  $\text{Pt}$  を含み、さらに酸化物 41 を含んだ材料からなり、この酸化物 41 としては、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Mg}$  の酸化物であることが好ましい。特に  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  が好適である。また、この実施形態の磁性層 4a は  $\text{Pt}$  を含んでいる。

【 0 0 7 7 】

磁性層 4a は、層中に磁性粒子 (磁性を有した結晶粒子) 42 が分散していることが好ましい。この磁性粒子 42 は、図 2 に示すように、磁性層 4a を上下に貫いた柱状構造であることが好ましい。このような構造を形成することにより、磁性層 4a の磁性粒子 42 の配向および結晶性を良好なものとし、結果として高密度記録に適した信号/ノイズ比 ( $S/N$  比) が得ることができる。

【 0 0 7 8 】

このような構造を得るためには、含有させる酸化物 41 の量が重要となる。

【 0 0 7 9 】

酸化物 4 1 の含有量は、C o、C r、P t の総量に対して、3 m o l % 以上 1 2 m o l % 以下であることが好ましい。さらに好ましくは 5 m o l % 以上 1 0 m o l % 以下である。

【 0 0 8 0 】

磁性層 4 a 中の酸化物の含有量として上記範囲が好ましいのは、層を形成した際、磁性粒子の周りに酸化物が析出し、磁性粒子 4 2 の孤立化、微細化をすることができるためである（図 2）。酸化物の含有量が上記範囲を超えた場合、酸化物が磁性粒子中に残留し、磁性粒子の配向性、結晶性を損ね、さらには図 3 に示すように、磁性粒子 4 2 の上下に酸化物 4 1 が析出し、結果として磁性粒子 4 2 が磁性層 4 a を上下に貫いた柱状構造が形成されなくなるため好ましくない。また、酸化物の含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の分離、微細化が不十分となり、結果として記録再生時におけるノイズが増大し、高密度記録に適した信号／ノイズ比（S／N 比）が得られなくなるため好ましくない。

【 0 0 8 1 】

磁性層 4 a の C r の含有量は、6 a t % 以上 1 6 a t % 以下（さらに好ましくは 1 0 a t % 以上 1 4 a t % 以下）であることが好ましい。C r 含有量が上記範囲であるのは、磁性粒子の磁気異方性定数  $K_u$  を下げすぎず、また、高い磁化を維持し、結果として高密度記録に適した記録再生特性と十分な熱揺らぎ特性が得られるために好適だからである。

【 0 0 8 2 】

C r 含有量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子の磁気異方性定数  $K_u$  が小さくなるため熱揺らぎ特性が悪化し、また、磁性粒子の結晶性、配向性が悪化することで、結果として記録再生特性が悪くなるため好ましくない。また、C r 含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の磁気異方性定数  $K_u$  が高いため、垂直保磁力が高くなりすぎ、データを記録する際、ヘッドで十分に書き込むことができず、結果として高密度記録に適さない記録特性（O W）となるため好ましくない。

【 0 0 8 3 】

磁性層 4 a の P t の含有量は、1 0 a t % 以上 2 0 a t % 以下であることが好ましい。P t 含有量が上記範囲であるのは、垂直磁性層に必要な磁気異方性定数  $K_u$  を得、さらに磁性粒子の結晶性、配向性が良好であり、結果として高密度記録に適した熱揺らぎ特性、記録再生特性が得られるため、好適だからである。

【 0 0 8 4 】

P t 含有量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子中に f c c 構造の層が形成され、結晶性、配向性が損なわれるおそれがあるため好ましくない。また、P t 含有量が上記範囲未満である場合、高密度記録に適した熱揺らぎ特性を得るための磁気異方性定数  $K_u$  が得られないため好ましくない。

【 0 0 8 5 】

磁性層 4 a は、C o、C r、P t、酸化物のほかに、B、T a、M o、C u、N d、W、N b、S m、T b、R u、R e から選ばれる 1 種類以上の元素を含むことができる。上記元素を含む事により、磁性粒子の微細化を促進、あるいは結晶性や配向性を向上させることができ、より高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性を得ることができる。

【 0 0 8 6 】

上記元素の合計の含有量は、8 a t % 以下であることが好ましい。8 a t % を超えた場合、磁性粒子中に h c p 相以外の相が形成されるため、磁性粒子の結晶性、配向性が乱れ、結果として高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性が得られないため好ましくない。

【 0 0 8 7 】

磁性層 4 a に適した材料としては、例えば、(C o 1 4 C r 1 8 P t) 9 0 - (S i O<sub>2</sub>) 1 0 {C r 含有量 1 4 a t %、P t 含有量 1 8 a t %、残部 C o からなる金属組成が 9 0 m o l %、S i O<sub>2</sub> からなる酸化物組成が 1 0 m o l %}、(C o 1 0 C r 1 6 P t) 9 2 - (S i O<sub>2</sub>) 8 {C r 含有量 1 0 a t %、P t 含有量 1 6 a t %、残部 C o からなる金属組成が 9 2 m o l %、S i O<sub>2</sub> からなる酸化物組成が 8 m o l %}、(C o 8 C r 1 4 P t 4 N b) 9 4 - (C r<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 6 {C r 含有量 8 a t %、P t 含有量 1 4 a t %、

Nb含有量4at%、残部Coからなる金属組成が94mol%、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる酸化物組成が6mol%}、その他、(CoCrPt)-(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、(CoCrPtMo)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtW)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtB)-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtTaNd)-(MgO)、(CoCrPtBCu)-(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtRe)-(SiO<sub>2</sub>)などをあげることができる。

#### 【0088】

磁性層4bは、Coを主成分とするとともに少なくともCrを含んだ材料からなり、図2に示すように、層中の磁性粒子43が磁性層4a中の磁性粒子42からエピタキシャル成長している構造であることが好ましい。この場合、磁性層4bの磁性粒子42と磁性層4aの磁性粒子43が1対1、複数個対1、1対複数個、いずれかで対応していてもかまわない。

#### 【0089】

磁性層4bの磁性粒子43が磁性層4a中の磁性粒子42からエピタキシャル成長していることで、磁性層4bの磁性粒子43が微細化され、さらに結晶性、配向性がより向上するため好適である。

#### 【0090】

磁性層4bのCrの含有量は、14at%以上26at%以下であることが好ましい。Cr含有量を上記範囲とすると、データの再生時における出力が十分確保でき、さらに良好な熱揺らぎ特性が得られるため、好適である。

#### 【0091】

Cr含有量が上記範囲を超える場合、磁性層4bの磁化が小さくなりすぎるため好ましくない。また、Cr含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の分離、微細化が十分生じず、記録再生時のノイズが増大し、高密度記録に適した信号/ノイズ比(S/N比)が得られなくなるため好ましくない。

#### 【0092】

また、磁性層4bは、Co、Crの他に、Ptを含んだ材料であっても構わない。磁性層4bのPtの含有量は8at%以上20at%以下であることが好ましい。Pt含有量が上記範囲であるのは、高記録密度に適した十分な保磁力を得、さらに記録再生時における高い再生出力を維持し、結果として高密度記録に適した記録再生特性および熱揺らぎ特性を得るためである。

#### 【0093】

Ptの含有量が上記範囲を超えた場合、磁性層中にfcc構造の相が形成され、結晶性、配向性が損なわれるおそれがあるため好ましくない。また、Pt含有量が上記範囲未満である場合、高密度記録に適した熱揺らぎ特性を得るための磁気異方性定数Kuが得られないため好ましくない。

#### 【0094】

磁性層4bは、Co、Cr、Pt、酸化物のほかに、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reから選ばれる1種類以上の元素を含むことができる。上記元素を含む事により、磁性粒子の微細化を促進、あるいは結晶性や配向性を向上させることができ、より高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性を得ることができる。

#### 【0095】

上記元素の合計の含有量は、8at%以下であることが好ましい。8at%を超えた場合、磁性粒子中にhcp相以外の相が形成されるため、磁性粒子の結晶性、配向性が乱れ、結果として高密度記録に適した記録再生特性、熱揺らぎ特性が得られないため好ましくない。

#### 【0096】

磁性層4bに適した材料としては、例えば、CoCr系では、Co<sub>16</sub>~28Cr{Cr含有量16~28at%、残部Co}、CoCrTa系では、Co<sub>14</sub>~30Cr<sub>1</sub>~4Ta{Cr含有量14~30at%、Ta含有量1~4at%、残部Co}、CoCrTaB系では、Co<sub>14</sub>~26Cr<sub>1</sub>~5Ta<sub>1</sub>~4B{Cr含有量14~26at%、T

a含有量1～5at%、B含有量1～4at%、残部Co}、CoCrBNd系では、Co14～30Cr1～5B1～4Nd{Cr含有量14～30at%、B含有量1～5at%、Nd含有量1～4at%、残部Co}、CoCrPtB系では、Co16～24Cr10～18Pt1～6B{Cr含有量16～24at%、Pt含有量10～18at%、B含有量1～6at%、残部Co}、CoCrPtCu系では、Co16～24Cr10～20Pt1～7Cu{Cr含有量16～24at%、Pt含有量10～20at%、Cu含有量1～7at%、残部Co}、CoCrPtTaNd系では、Co16～26Cr10～20Pt1～4Ta1～4Nd{Cr含有量16～26at%、Pt含有量10～20at%、Ta含有量1～4at%、Nd含有量1～4at%}、CoCrPtNb系では、Co16～26Cr8～18Pt1～6Nb{Cr含有量16～26at%、Pt含有量8～18at%、Nb含有量1～6at%、残部Co}の他、CoCrPtBNd、CoCrPtBW、CoCrPtMo、CoCrPtCuRu、CoCrPtReなどの材料をあげることができる。

【0097】

垂直磁性層4の垂直保磁力(Hc)は、2500[Oe]以上とすることが好ましい。保磁力が2500[Oe]未満である場合は、記録再生特性、特に周数特性が不良であり、また、熱揺らぎ特性も悪いため、高密度記録媒体として好ましくない。

【0098】

垂直磁性層4の逆磁区核形成磁界(-Hn)は、1000[Oe]以上であることが好ましい。逆磁区核形成磁界(-Hn)が1000[Oe]未満である場合、熱揺らぎ耐性におとるため好ましくない。

【0099】

逆磁区核形成磁界(-Hn)は、図4に示すように、VSMなどにより求めたMH曲線において、磁化が飽和した状態から外部磁界を減少させる過程で外部磁界が0となる点a、MH曲線の磁化が0である点bでのMH曲線の接線を延長した線と飽和磁化との交点を点cとすると、M軸から点cまでの距離[Oe]で表すことができる。

【0100】

なお、逆磁区核形成磁界(-Hn)は、点cが外部磁界が負である領域にある場合に正の値をとり(図4参照)、逆に、点cが外部磁界が正である領域にある場合に負の値をとる(図5参照)。

【0101】

垂直磁性層4は、磁性粒子の平均粒径が5～15nmであることが好ましい。この平均粒径は、例えば垂直磁性層4をTEM(透過型電子顕微鏡)で観察し、観察像を画像処理することにより求めることができる。

【0102】

垂直磁性層4の厚さは5～40nmとするのが好ましい。垂直磁性層4の厚さが上記未満であると、十分な再生出力が得られず、熱揺らぎ特性も低下する。また、垂直磁性層4の厚さが上記範囲を超えた場合、垂直磁性層4中の磁性粒子の肥大化が生じ、記録再生時におけるノイズが増大し、信号/ノイズ比(S/N比)や記録特性(OW)に代表される記録再生特性が悪化するため好ましくない。

【0103】

保護層5は垂直磁性層4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐためのもので、従来公知の材料を使用でき、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>を含むものが使用可能である。

【0104】

保護層5の厚さは、1～10nmとするのがヘッドと媒体の距離を小さくできるので高記録密度の点から望ましい。

【0105】

潤滑層6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸などの潤滑剤を用いるのが好ましい。



## 【 0 1 0 6 】

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板 1 上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層 3 と、磁化容易軸が非磁性基板 1 に対し主に垂直に配向した垂直磁性層 4 と、保護層 5 とが設けられた磁気記録媒体において、垂直磁性層 4 が 2 層以上の磁性層からなり、少なくとも 1 層が Co を主成分とするとともに Cr を含み、酸化物を含んだ磁性層 4 a であり、他の磁性層が Co を主成分とするとともに Cr を含み、酸化物を含まない磁性層 4 b からなることを特徴とし、これにより磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比 (S/N) を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) を向上させることで熱揺らぎ特性も向上させることができ、さらに優れた記録特性 (OW) を有した媒体を得ることができる。

## 【 0 1 0 7 】

本発明における他の形態として、垂直磁性層 4 を図 6 に示したように酸化物を含まない磁性層 4 b を形成し、その上に酸化物を含む磁性層 4 a を設けた構成としてもかまわない。

## 【 0 1 0 8 】

本発明では、垂直磁性層 4 を 3 層以上の磁性層で構成することも可能である。例えば、図 7 にしめすように酸化物を含む磁性層 4 a の上に酸化物を含まない磁性層 4 b-1、4 b-2 を設けることもできる。一方で、図 8 にしめすように酸化物を含む磁性層 4 a-1、4 a-2 の上に酸化物を含まない磁性層 4 b を形成する構成を取ることもできる。さらには、図 9 に示すように、酸化物を含まない磁性層 4 b-1、4 b-2、4 b-3 の各層間に、酸化物を含む磁性層 4 a-1、4 a-2 を形成する構成としてもかまわない。特に、各磁性材料の組み合わせにより、熱揺らぎ特性、記録特性 (OW)、信号／ノイズ比 (S/N) 等の各特性の制御、調整が容易であることから、垂直磁性層 4 を 3 層以上で構成することは、より好ましい。

## 【 0 1 0 9 】

本発明では、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に非磁性層を設けることも可能である。これにより、磁性粒子の肥大化を防止し、粒径を制御できるため、信号／ノイズ比 (S/N) をより向上させることが可能である。例えば、図 10 に示したように、酸化物を含まない磁性層 4 b-1、4 b-2 の間に非磁性層 9 1 を、その上に設けた酸化物を含む磁性層 4 a-1、4 a-2 の間に非磁性層 9 2 を設けることもできる。

## 【 0 1 1 0 】

垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 としては、hcp 構造を有する材料を用いるのが好ましい。例えば、CoCr 合金や CoCrX1 合金 (X1: Pt、Ta、Zr、Re、Ru、Cu、Nb、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、W、Mo、Ti、V、Zr、B から選ばれる 1 種または 2 種以上) を用いるのが好適である。

## 【 0 1 1 1 】

垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 の Co 含有量は 30 ~ 70 at% の範囲であることが好ましい。この範囲であれば、非磁性であるからである。

## 【 0 1 1 2 】

また、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 として、hcp 構造を有する合金として、例えば Ru、Re、Ti、Y、Hf、Zn などの合金も使うことができる。

## 【 0 1 1 3 】

また、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 として、その上下の磁性層の結晶性、配向性を損ねない範囲で、他の構造をとる金属、合金を使用することもできる。例えば、Pd、Pt、Cu、Ag、Au、Ir、Mo、W、Ta、Nb、V、Bi、Sn、Si、Al、C、B、Cr などの元素あるいは合金である。特に、Cr 合金としては、CrX2 (X2: Ti、W、Mo、Nb、Ta、Si、Al、B、C、Zr から選ばれる 1 種または 2 種以上) を用いるのが好適である。この場合の Cr 含有量は 60 at% 以上が好ましい。

## 【 0 1 1 4 】

また、垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 として、上記合金の金属粒子

が酸化物、金属窒化物、金属炭化物中に分散し構造としても良い。さらに該金属粒子が非磁性層 9 を上下に貫いた柱状構造を有していればより好適である。このような構造とするには、酸化物を含んだ合金材料を使用することで可能となる。酸化物としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ などが、金属窒化物としては、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{CrN}$ などが、金属炭化物としては、 $\text{TaC}$ 、 $\text{BC}$ 、 $\text{SiC}$ などが利用可能である。例えば、 $\text{CoCr-SiO}_2$ 、 $\text{CoCrPt-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ru-SiO}_2$ 、 $\text{Ru-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Pd-TaC}$ などをあげることができる。

【 0 1 1 5 】

垂直磁性層 4 を構成する磁性層間に設ける非磁性層 9 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量としては、合金に対して、4 mol % 以上 12 mol % 以下であることが好ましい。該非磁性層 9 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲を超える場合、金属粒子中に酸化物、金属窒化物、金属炭化物が残留し、金属粒子の結晶性、配向性を損ねるほか、金属粒子の上下にも酸化物、金属窒化物、金属炭化物が析出してしまい、金属粒子が該非磁性層 9 を上下に貫く柱状構造となりにくくなり、該非磁性層 9 の上に形成された磁性層の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、該非磁性層 9 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲未満である場合、酸化物、金属窒化物、金属炭化物の添加による効果が得られないため、好ましくない。

【 0 1 1 6 】

非磁性層 9 の厚さは、垂直磁性層 4 における磁性粒子の肥大化による再生時の信号／ノイズ比 (S/N) の悪化や磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離が大きくなることによる記録特性 (OW) や分解能の低下を起こさないようにするために、10 nm 以下 (より好ましくは 5 nm 以下) とするのが好ましい。

【 0 1 1 7 】

本発明における他の形態として、図 11 に示すように配向制御層 3 と垂直磁性層 4 との間に、垂直磁性層 4 の結晶性、配向性を向上させるため、中間層 8 を設けることもできる。

【 0 1 1 8 】

中間層 8 は、hcp 構造を有する材料が好ましい。中間層 8 には、CoCr 合金や CoCrX1 合金 (X1: Pt, Ta, Zr, Re, Ru, Cu, Nb, Ni, Mn, Ge, Si, O, N, W, Mo, Ti, V, Zr, B から選ばれる 1 種または 2 種以上) を用いるのが好適である。

【 0 1 1 9 】

中間層 8 の Co 含有量は 30 ~ 70 at % であることが好ましい。この範囲であれば、非磁性だからである。

【 0 1 2 0 】

また、中間層 8 には、上記合金の金属粒子が酸化物、金属窒化物、金属炭化物中に分散し構造としても良い。さらに該金属粒子が中間層 8 を上下に貫いた柱状構造を有していればより好適である。このような構造とするには、酸化物を含んだ合金材料を使用することで可能となる。酸化物としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ などが、金属窒化物としては、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{CrN}$ などが、金属炭化物としては、 $\text{TaC}$ 、 $\text{BC}$ 、 $\text{SiC}$ などが利用可能である。例えば、 $\text{CoCr-SiO}_2$ 、 $\text{CoCrPt-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CoCrRu-SiO}_2$ 、 $\text{CoCrRu-Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{CoCrPt-TaC}$ などをあげることができる。

【 0 1 2 1 】

中間層 8 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量としては、合金に対して、4 mol % 以上 12 mol % 以下であることが好ましい。該中間層 8 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量が上記範囲を超える場合、金属粒子中に酸化物、金属窒化物、金属炭化物が残留し、金属粒子の結晶性、配向性を損ねるほか、金属粒子の上下にも酸化物、金属窒化物、金属炭化物が析出してしまい、金属粒子が該中間層 8 を上下に貫く柱状構造となりにくくなり、該中間層 8 の上に形成された磁性層の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、該中間層 8 中の酸化物、金属窒化物、金属炭化物の含有量

が上記範囲未満である場合、酸化物、金属窒化物、金属炭化物の添加による効果が得られないため、好ましくない。

【 0 1 2 2 】

中間層 8 の厚さは、垂直磁性層 4 における磁性粒子の肥大化による再生時の信号／ノイズ比 ( S / N ) の悪化や磁気ヘッドと軟磁性下地層 2 との距離が大きくなることによる記録特性 ( O W ) や分解能の低下を起こさないようにするために、20 nm 以下 ( より好ましくは 10 nm 以下 ) とするのが好ましい。

【 0 1 2 3 】

次に上記構成の磁気記録媒体を製造する方法の一例 ( 図 1 の形態 ) について説明する。

【 0 1 2 4 】

上記構成の磁気記録媒体を製造するには、非磁性基板 1 上に、軟磁性下地層 2、配向制御層 3、垂直磁性層 4 を順次、スパッタ法、真空蒸着法、イオンプレーティング法などにより形成する。次いで保護層 5 を、好ましくはプラズマ C V D 法、イオンビーム法、スパッタ法により形成する。

【 0 1 2 5 】

また、垂直磁性層 4 を形成する際、酸化物を含む磁性層 4 a を形成後、加熱処理を行い、続けて酸化物を含まない磁性層 4 b を形成してもかまわない。また、磁性粒子の結晶性を向上させる目的で、垂直磁性層 4 を形成後、アニール処理をしてもかまわない。

【 0 1 2 6 】

非磁性基板 1 としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を用いてもよいし、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を用いてもよい。

【 0 1 2 7 】

ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。

【 0 1 2 8 】

非磁性基板 1 としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いて N i P 層が形成されたものを用いることもできる。

【 0 1 2 9 】

非磁性基板は、平均表面粗さ R a が 2 nm ( 20 Å ) 以下、好ましくは 1 nm 以下であることがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から望ましい。

【 0 1 3 0 】

また、表面の微小うねり ( W a ) が 0.3 nm 以下 ( より好ましくは 0.25 nm 以下 ) であるのがヘッドを低浮上させた高記録密度記録に適している点から好ましい。端面のチャンファ部、面取り部、側面部の少なくとも一方の表面平均粗さ R a が 10 nm 以下 ( より好ましくは 9.5 nm 以下 ) のものを用いることが磁気ヘッドの飛行安定性にとって好ましい。微小うねり ( W a ) は、例えば、表面荒粗さ測定装置 P - 12 ( K L M - T e n c o r 社製 ) を用い、測定範囲 80 μ m での表面平均粗さとして測定することができる。

【 0 1 3 1 】

必要に応じて非磁性基板 1 を洗浄して、その非磁性基板 1 を成膜装置のチャンバ内に設置する。

【 0 1 3 2 】

非磁性基板 1 上に、軟磁性下地層 2 と、配向制御層 3 と、垂直磁性層 4 を各層の材料と同じ組成の材料を原料とするスパッタターゲットを用いて D C 或いは R F マグネトロンスパッタ法により形成する。膜を形成するためのスパッタの条件は例えば次のようにする。形成に用いるチャンバ内は真空度が  $10^{-4} \sim 10^{-1}$  Pa となるまで排気する。チャンバ内に

非磁性基板を収容して、スパッタガスとして、たとえばArガスを導入して放電させてスパッタ成膜をおこなう。このとき、供給するパワーは0.1~2kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することによって、所望の膜厚を得ることができる。

#### 【0133】

軟磁性下地層2を放電時間と供給するパワーを調節することによって50~400nmの膜厚で形成するのが好ましい。

#### 【0134】

軟磁性下地層2を形成する際には、軟磁性材料からなるスパッタターゲットを用いるのが軟磁性下地層を容易に形成できるので好ましい。軟磁性材料としては、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaC、FeTaNなど)、FeMg系合金(FeMgOなど)、FeZr系合金(FeZrNなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、FeB系合金、Feを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrNを挙げることができる。さらに、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有している、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMo系合金を好適なものとして挙げることができる。

#### 【0135】

上記のターゲットは溶製法による合金ターゲットまたは焼結合金ターゲットである。

#### 【0136】

軟磁性下地層2を形成後、放電時間と供給するパワーを調節することによって配向制御層3を0.5~40nm(好ましくは1~20nm)の膜厚で形成する。配向制御層3の形成に用いるスパッタ用ターゲットの材料としてはRu系合金、Ni系合金、Co系合金を挙げることができる。

#### 【0137】

次に垂直磁性層4を形成する。

#### 【0138】

まず、酸化物を含む磁性層4aをスパッタターゲットを用いて同様にスパッタ法により形成する。スパッタターゲットとしては、(Co<sub>14</sub>Cr<sub>18</sub>Pt)<sub>90</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub>{Cr含有量14at%、Pt含有量18at%、残部Coからなる金属組成が90mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物組成が10mol%}、(Co<sub>10</sub>Cr<sub>16</sub>Pt)<sub>92</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>8</sub>{Cr含有量10at%、Pt含有量16at%、残部Coからなる金属組成が92mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物組成が8mol%}、(Co<sub>8</sub>Cr<sub>14</sub>Pt<sub>4</sub>Nb)<sub>94</sub>-(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>6</sub>{Cr含有量8at%、Pt含有量14at%、Nb含有量4at%、残部Coからなる金属組成が94mol%、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる酸化物組成が6mol%}、その他、(CoCrPt)-(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、(CoCrPtMo)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtW)-(TiO<sub>2</sub>)、(CoCrPtB)-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtTaNd)-(MgO)、(CoCrPtBCu)-(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、(CoCrPtRe)-(SiO<sub>2</sub>)などをあげることができる。

#### 【0139】

酸化物の含有量は、Co、Cr、Ptの総量に対して、3mol%以上12mol%以下であることが好ましい。さらに好ましくは5mol%以上10mol%以下である。

#### 【0140】

磁性層4a中の酸化物の含有量が上記範囲が好ましいのは、層を形成したさい、磁性粒子の周りに酸化物が析出し、磁性粒子の孤立化、微細化をすることができるためである。酸化物の含有量が上記範囲を超えた場合、酸化物が磁性粒子中に残留し、磁性粒子の配向性、結晶性を損ね、さらには図3に示すように、磁性粒子42の上下に酸化物41が析出し

、結果として磁性粒子42が磁性層4aを上下に貫いた柱状構造(図2の構造)が形成されなくなるため好ましくない。また、酸化物の含有量が上記範囲未満である場合、磁性粒子の分離、微細化が不十分となり、結果として記録再生時におけるノイズが増大し、高密度記録に適した信号/ノイズ比(S/N比)が得られなくなるため好ましくない。

【0141】

磁性層4aは、図2に示すように、層中に磁性粒子42が分散していることが好ましい。また、該磁性粒子42が磁性層4aを上下に貫いた柱状構造(図2の構造)であることが好ましい。このような構造を形成するには、上記のようなターゲット材料を使うほかに、次のような条件を必要とする。

【0142】

Coを主成分とするとともに少なくともCrを含み、酸化物を含んだ材料からなるターゲットを使用し、形成に用いるチャンバ内は真空度が $10^{-4} \sim 10^{-1}$  Paとなるまで排気した状態で、スパッタガスとしてArガスを導入してスパッタ成膜を行う。このとき、供給するパワーは0.1 kW $\sim$ 2 kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することにより、所望の膜厚を得る。

【0143】

この際、スパッタガスの圧力は3 Pa以上20 Pa以下とするのが好適である。また、放電パワーはできるだけ低く設定し、プロセス上許される範囲で成膜時間を長くとるほうが好ましい。これらの条件により、酸化物中に磁性粒子が分散し、また、該磁性粒子が磁性層4aを上下に貫いた柱状構造を得やすいためである。

【0144】

また、酸化物を含む磁性層4aを形成する際、スパッタガスとしてアルゴンを使用するが、必要に応じて窒素あるいは酸素ガス、もしくは両方を添加してもかまわない。

【0145】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加は、それらとアルゴンの混合ガスを用いても良いし、それぞれのガスを別々に導入し、チャンバ内で混合してもかまわない。

【0146】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加量としては、アルゴンに対して20 vol %以下(より好ましくは10 vol %以下)であることが好ましい。窒素あるいは酸素の添加量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ね、結果として記録再生特性を劣化させるおそれがあるため好ましくない。

【0147】

例えば、磁性層4aとして(Co<sub>14</sub>Cr<sub>18</sub>Pt)<sub>90</sub>-(SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub>(Cr含有量14 at %、Pt含有量18 at %、残部Coからなる金属組成が90 mol %、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物組成が10 mol %)の材料を用いる場合の条件として、スパッタ放電パワーは0.4 kW、圧力は6 $\sim$ 8 Pa、酸素添加量1 $\sim$ 2 vol %であることが好ましい。

【0148】

また、磁性層4aを成膜する際、非磁性基板1に負の電圧(基板Bias)を印加することもできる。これにより、磁性粒子と酸化物の分離が促進し、磁性粒子がより微細化、孤立化し、より高密度記録に適した記録再生特性が得られる。

【0149】

基板Biasは-100 V $\sim$ -600 Vの範囲で印加するのが好ましい。上記範囲を超える場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、上記範囲未満である場合、効果が得られないため好ましくない。

【0150】

次に、酸化物を含まない磁性層4bをスパッタターゲットを用いて同様にスパッタ法により形成する。磁性層4bに適した材料としては、例えば、CoCr系では、Co<sub>16</sub> $\sim$ 28Cr{Cr含有量16 $\sim$ 28 at %、残部Co}、CoCrTa系では、Co<sub>14</sub> $\sim$ 30Cr<sub>1</sub> $\sim$ 4Ta{Cr含有量14 $\sim$ 30 at %、Ta含有量1 $\sim$ 4 at %、残部Co}

、CoCrTaB系では、Co14～26Cr1～5Ta1～4B {Cr含有量14～26at%、Ta含有量1～5at%、B含有量1～4at%、残部Co}、CoCrBNd系では、Co14～30Cr1～5B1～4Nd {Cr含有量14～30at%、B含有量1～5at%、Nd含有量1～4at%、残部Co}、CoCrPtB系では、Co16～24Cr10～18Pt1～6B {Cr含有量16～24at%、Pt含有量10～18at%、B含有量1～6at%、残部Co}、CoCrPtCu系では、Co16～24Cr10～20Pt1～7Cu {Cr含有量16～24at%、Pt含有量10～20at%、Cu含有量1～7at%、残部Co}、CoCrPtTaNd系では、Co16～26Cr10～20Pt1～4Ta1～4Nd {Cr含有量16～26at%、Pt含有量10～20at%、Ta含有量1～4at%、Nd含有量1～4at%}、CoCrPtNb系では、Co16～26Cr8～18Pt1～6Nb {Cr含有量16～26at%、Pt含有量8～18at%、Nb含有量1～6at%、残部Co} の他、CoCrPtBNd、CoCrPtBW、CoCrPtMo、CoCrPtCuRu、CoCrPtReなどの材料をあげることができる。

#### 【0151】

磁性層4bを形成する条件は、例えば次のようにする。

#### 【0152】

Coを主成分とするとともに少なくともCrを含み酸化物を含まない材料からなるターゲットを使用し、形成に用いるチャンバ内は真空度が $10^{-4}$ ～ $10^{-1}$ Paとなるまで排気した状態で、スパッタガスとしてArガスを導入してスパッタ成膜を行う。このとき、供給するパワーは0.1kW～2kWとし、放電時間と供給するパワーを調節することにより、所望の膜厚を得る。

#### 【0153】

この際、スパッタガスの圧力は20Pa以下であることが好ましい。

#### 【0154】

また、酸化物を含まない磁性層4bを形成する際、スパッタガスとしてアルゴンを使用するが、必要に応じて窒素あるいは酸素ガス、もしくは両方を添加してもかまわない。

#### 【0155】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加は、それらとアルゴンの混合ガスを用いても良いし、それぞれのガスを別々に導入し、チャンバ内で混合してもかまわない。

#### 【0156】

窒素あるいは酸素もしくは両方の添加量としては、アルゴンに対して20vol%以下（より好ましくは10vol%以下）であることが好ましい。窒素あるいは酸素の添加量が上記範囲を超えた場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ね、結果として記録再生特性を劣化させるおそれがあるため好ましくない。

#### 【0157】

また、磁性層4bを形成する前に、加熱を行ってもかまわない。加熱は、真空中で行う。

#### 【0158】

加熱の温度は、特に規定するものではないが、非磁性基板1の形状が変化しない範囲で行うことが好ましい。例えば、アモルファスガラスを用いた場合は、300℃以下であることが好ましい。

#### 【0159】

加熱した状態で磁性層4bを形成することで、磁性層4bのCr偏析が進行し、より磁性粒子の微細化、孤立化が促進され、結果として記録再生特性の向上が得られるため、必要に応じて実施するのが好ましい。

#### 【0160】

例えば、磁性層4bとして、Co16Cr12Pt4B {Cr含有量16at%、Pt含有量12at%、B含有量4at%、残部Co} の材料を用いる場合の条件は、加熱温度約180℃～220℃、スパッタ放電パワー1kW以下、圧力2～5Pa、ガス添加なし、であることが好ましい。

## 【 0 1 6 1 】

また、磁性層 4 b を成膜する際、非磁性基板 1 に負の電圧（基板 B i a s）を印加することもできる。これにより、磁性粒子がより微細化、孤立化し、より高密度記録に適した記録再生特性が得られる。

## 【 0 1 6 2 】

基板 B i a s は  $-100\text{ V} \sim -600\text{ V}$  の範囲で印加するのが好ましい。上記範囲を超える場合、磁性粒子の結晶性、配向性を損ねるおそれがあるため好ましくない。また、上記範囲未満であるばあい、効果が得られないため好ましくない。

## 【 0 1 6 3 】

垂直磁性層 4 を形成した後、公知の方法、例えばスパッタ法、プラズマ C V D 法またはそれらの組み合わせを用いて保護層 5、たとえばカーボンを主成分とする保護層 5 を形成する。

## 【 0 1 6 4 】

さらに、保護層 5 上には必要に応じパーフルオロポリエーテルのフッ素系潤滑剤をディップ法、スピンコート法などを用いて塗布し、潤滑層 6 を形成する。

## 【 0 1 6 5 】

本発明に従って製造した磁気記録媒体は、非磁性基板 1 上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層 3 と、磁化容易軸が非磁性基板 1 に対し主に垂直に配向した垂直磁性層 4 と、保護層 5 とが設けられた磁気記録媒体において、垂直磁性層 4 を 2 層以上の磁性層で形成し、少なくとも 1 層を C o を主成分とするとともに P t を含み、さらに酸化物を含んだ磁性層 4 a とし、他の磁性層を C o を主成分として C r を含み、酸化物を含まない磁性層 4 b とすることを特徴とし、これにより磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比（S／N）を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を向上させることで熱揺らぎ特性も向上させることができ、さらに優れた記録特性（O W）を有した媒体を得ることができる。

## 【 0 1 6 6 】

図 1 2 は本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略図であり、（a）は全体構成を示し、（b）は磁気ヘッドを示す。ここに示す磁気記録再生装置は、図 1 に示す構成を有する磁気記録媒体 1 0 と、磁気記録媒体 1 0 を回転駆動させる媒体駆動部 1 1 と、磁気記録媒体 1 0 に情報を記録再生する磁気ヘッド 1 2 と、この磁気ヘッド 1 2 を磁気記録媒体 1 0 に対して相対運動させるヘッド駆動部 1 3 と、記録再生信号処理系 1 4 とを備えている。記録再生信号処理系 1 4 は、外部から入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド 1 2 に送ったり、磁気ヘッド 1 2 からの再生信号を処理してデータを外部に送ることができるようになっている。本発明の磁気記録再生装置に用いる磁気ヘッド 1 2 には、再生素子として巨大磁気抵抗効果（G M R）を利用した G M R 素子などを有した、より高記録密度に適したヘッドを用いることができる。

## 【 0 1 6 7 】

上記磁気記録再生装置によれば、磁気記録媒体 1 0 に本発明の磁気記録媒体を用いるので、磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比（S／N）を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を向上させることで熱揺らぎ特性も向上させることができ、さらに優れた記録特性（O W）を有した媒体を得ることができ、このため高密度記録に適した優れた磁気記録再生装置とすることができる。

## 【 0 1 6 8 】

## 【実施例】

洗浄済みのガラス基板（オハラ社製、外形 2.5 インチ）を D C マグネトロンスパッタ装置（アネルバ社製 C - 3 0 1 0）の成膜チャンバ内に收容して、到達真空度  $1 \times 10^{-4} \text{ Pa}$  となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に C o - 4 Z r - 7 N b { Z r 含有量 4 a t %、N b 含有量 7 a t %、残部 C o } のターゲットを用いて  $100^\circ\text{C}$  以下の基板温度で  $100 \text{ nm}$  の軟磁性下地層 2 をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度 B s (T) と膜厚 t (nm) の積 B s · t (T · nm) が  $120 \text{ (T · nm)}$

）であることを振動式磁気特性測定装置（VSM）で確認した。

【0169】

上記軟磁性下地層2の上にNi40Ta{Ta含有量40at%、残部Ni}ターゲット、Ruターゲットを用いて、それぞれ5nm、20nmの厚さで順に成膜し、配向制御層3とした。

【0170】

配向制御層3の上に、(Co14Cr18Pt)90-(SiO<sub>2</sub>)10{Cr含有量14at%、Pt含有量18at%、残部Coの合金組成を90mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物を10mol%}からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を0.7Paとして磁性層4aを10nmの厚さで形成した。

【0171】

次に、Co16Cr12Pt4B{Cr含有量16at%、Pt含有量12at%、B含有量4at%、残部Co}からなるターゲットを用いて、スパッタ圧力を3Paとして磁性層4bを10nmの厚さ形成した。

【0172】

ついでCVD法により膜厚5nmの保護層5を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層6を形成し、磁気記録媒体を得た。

【0173】

得られた磁気記録媒体の磁気特性を評価した。静磁気特性の評価は、Kerr効果測定器を用いて、保磁力(Hc)、逆磁区核形成磁界(-Hn)を測定した。

【0174】

また、記録再生特性の評価は、米国GUZIK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンスタンドS1701MPを用いて測定した。ヘッドは、書き込みをシングルポール磁極、再生部にGMR素子を用いたヘッドを使用した。

【0175】

信号／ノイズ比(S/N)は、記録密度700kFCIとして測定した。

【0176】

記録特性(OW)は、まず、700kFCIの信号を書き込み、次いで116kFCIの信号を上書き、周波数フィルターにより高周波成分をとりだし、その残留割合によりデータの書き込み能力を評価した。

【0177】

熱揺らぎ特性の評価は、70℃の条件下で記録密度50kFCIにて書き込みを行ったあと、書き込み後1秒後の再生出力に対する出力の減衰率を $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基いて算出した。この式においてS<sub>0</sub>は書き込み後、1秒経過時の再生出力を示し、Sは1000秒後の再生出力を示す。結果を表1の実施例1の欄に示した。

【0178】

【表1】



	磁性層4				磁性層4b				磁気特性		記録再生特性		熱歪み特性 [%/decade]
	磁性層4a				磁性層4b				静磁気特性		記録再生特性		
	組成	[at%mol%]	厚さ	成膜圧力	組成	[at%]	厚さ	成膜圧力	保磁力	-Hn	OW	S/N	
実施例 1	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	0.7[Pa]	Co16Cr12Pt4B	10[mm]	3	1800[Oe]	48.5[dB]	19.8[dB]	0.10			
実施例 2	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	2	Co16Cr12Pt4B	10	3	1800	48.0	20.3	0.09			
実施例 3	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	4	Co16Cr12Pt4B	10	3	1850	46.5	20.8	0.09			
実施例 4	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	6	Co16Cr12Pt4B	10	3	1850	46.0	21.4	0.09			
実施例 5	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1900	46.0	22.0	0.08			
実施例 6	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	11	Co16Cr12Pt4B	10	3	1750	48.5	21.1	0.09			
実施例 7	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	0.6	1750	47.0	21.3	0.09			
実施例 8	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	5	1800	45.5	21.5	0.09			
実施例 9	(Co14Cr18Pt)98-(SiO2)2	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1000	52.0	16.5	0.24			
実施例 10	(Co14Cr18Pt)97-(SiO2)3	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1350	54.5	17.8	0.13			
実施例 11	(Co14Cr18Pt)93-(SiO2)7	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1550	52.0	19.1	0.11			
実施例 12	(Co14Cr18Pt)88-(SiO2)12	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1600	53.5	18.8	0.11			
実施例 13	(Co14Cr18Pt)85-(SiO2)15	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1200	52.0	17.5	0.16			
実施例 14	(Co4Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	2200	42.5	20.8	0.05			
実施例 15	(Co6Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	2100	44.0	20.9	0.06			
実施例 16	(Co16Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1400	53.0	20.7	0.11			
実施例 17	(Co20Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1100	54.0	20.1	0.14			
実施例 18	(Co14Cr8Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1000	56.0	19.6	0.19			
実施例 19	(Co14Cr10Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1200	54.0	19.9	0.16			
実施例 20	(Co14Cr22Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co16Cr12Pt4B	10	3	1600	49.0	19.3	0.12			
比較例 1	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	—	—	—	800	34.5	16.5	0.45			
比較例 2	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	20	8	—	—	—	900	21.5	12.3	0.40			
比較例 3	Co14Cr18Pt	10	0.7	Co16Cr12Pt4B	10	3	2600	51.0	12.2	0.47			
比較例 4	—	—	—	Co16Cr12Pt4B	10	3	2750	57.0	13.4	0.70			
比較例 5	—	—	—	Co16Cr12Pt4B	20	3	2800	57.0	11.2	0.63			
比較例 6	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co14Pt	10	0.7	2500	42.5	12.9	0.45			
比較例 7	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co12Cr	10	0.7	2200	43.2	11.3	0.67			
比較例 8	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Fe50Pt	10	0.7	1800	47.0	5.7	1.12			
比較例 9	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co(0.2nm)/Pd(0.5nm)11	7	3	3700	34.0	14.6	0.38			
比較例 10	(Co14Cr18Pt)90-(SiO2)10	10	8	Co(0.2nm)/Pd(0.5nm)12	14	3	4300	29.0	11.2	0.33			

【 0 1 7 9 】

(実施例 2 ~ 20) 磁性層 4 a および磁性層 4 b を、表 1 の実施例 2 ~ 20 の欄に示した組成、条件に変えたほかは、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作成した。これら磁気記録媒体の評価結果を表 1 に示した。

【 0 1 8 0 】

(比較例 1 ~ 7) 磁性層 4 a、磁性層 4 b を、表 1 の比較例 1 ~ 7 の欄に示した組成の材料で形成した他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作成した。これら磁気記録媒体の評価結果を表 1 に示した。

【 0 1 8 1 】

(比較例 8) 洗浄済みのガラス基板(オハラ社製、外形 2.5 インチ)を D・C マグネトロンスパッタ装置(アネルバ社製 C-3010)の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度  $1 \times 10^{-4}$  Pa となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に Co-4Zr-7Nb {Zr 含有量 4 at%、Nb 含有量 7 at%、残部 Co} のターゲットを用いて 100℃ 以下の基板温度で 100 nm の軟磁性下地層 2 をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度  $B_s$  (T) と膜厚  $t$  (nm) の積  $B_s \cdot t$  (T·nm) が 120 (T·nm) であることを振動式磁気特性測定装置 (VSM) で確認した。

【0182】

上記軟磁性下地層 2 の上に Ni40Ta {Ta 含有量 40 at%、残部 Ni} ターゲット、Ru ターゲットを用いて、それぞれ 5 nm、20 nm の厚さで順に成膜し、配向制御層 3 とした。

【0183】

配向制御層 3 の上に、(Co, Cr, Pt) 90 - (SiO<sub>2</sub>) 10 {Cr 含有量 14 at%、Pt 含有量 18 at%、残部 Co の合金組成を 90 mol%、SiO<sub>2</sub> からなる酸化物を 10 mol%} からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を 8 Pa として磁性層 4a を 10 nm の厚さで形成した。

【0184】

次に、磁性層 4b として、Co と Pd のそれぞれのターゲットを用い、Co 0.2 nm、Pd 0.5 nm で交互に成膜することで、[Co/Pd] の積層膜を形成した。積層数は 10 とした。また、スパッタ圧力を 3 Pa とした。

【0185】

ついで CVD 法により膜厚 5 nm の保護層 5 を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層 6 を形成し、磁気記録媒体を作製した。

【0186】

(比較例 9、比較例 10) 磁性層 4b の積層数を 20 としたほかは、比較例 8 に準じて磁気記録媒体を作製した。比較例 8、9、10 の磁気記録媒体の評価結果を表 1 に示している。

【0187】

(実施例 21~39) 磁性層 4a および磁性層 4b を、表 2 に示した組成、条件に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 21~39 の磁気記録媒体の評価結果を表 2 に示した。

【0188】

【表 2】

	磁性層 4				磁性層 4b				磁気特性				記録再生特性				熱揺らぎ特性 [%/decade]
	磁性層 4a		磁性層 4b		磁性層 4b		静磁気特性		記録再生特性		記録再生特性		記録再生特性				
	組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	保磁力 [Oe]	-Hn [Oe]	OW [dB]	S/N	保磁力 [Oe]	-Hn [Oe]	OW [dB]	S/N			
実施例21	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co12Cr16Pt	10	3	3300 [Oe]	1800 [Oe]	51.5 [dB]	19.3 [dB]	3300 [Oe]	1800 [Oe]	51.5 [dB]	19.3 [dB]	0.11		
実施例22	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co14Cr16Pt	10	3	3700	1800	50.0	19.7	3700	1800	50.0	19.7	0.11		
実施例23	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	4000	1800	49.0	20.8	4000	1800	49.0	20.8	0.12		
実施例24	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co26Cr16Pt	10	3	4600	1700	50.5	20.1	4600	1700	50.5	20.1	0.14		
実施例25	(Co12Cr16Pt93-(SiO2)7	10	8	Co28Cr16Pt	10	3	4550	1100	51.0	18.5	4550	1100	51.0	18.5	0.19		
実施例26	(Co10Cr15Pt2Cu92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr8Pt	10	3	3400	1300	53.0	18.9	3400	1300	53.0	18.9	0.23		
実施例27	(Co10Cr15Pt2Cu92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr10Pt	10	3	3550	1400	52.0	19.2	3550	1400	52.0	19.2	0.20		
実施例28	(Co10Cr15Pt2Cu92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	4150	1750	48.5	21.1	4150	1750	48.5	21.1	0.11		
実施例29	(Co10Cr15Pt2Cu92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr20Pt	10	3	4600	1900	45.5	20.8	4600	1900	45.5	20.8	0.10		
実施例30	(Co10Cr15Pt2Cu92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr24Pt	10	3	4300	1750	48.0	20.1	4300	1750	48.0	20.1	0.10		
実施例31	(Co10Cr14Pt4Mo92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	3950	1750	49.0	20.9	3950	1750	49.0	20.9	0.10		
実施例32	(Co10Cr14Pt4Nb92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt	10	3	4050	1850	48.5	20.4	4050	1850	48.5	20.4	0.10		
実施例33	(Co10Cr14Pt3Ta92-(SiO2)8	10	8	Co19Cr16Pt2Nd	10	3	4100	1900	51.0	21.6	4100	1900	51.0	21.6	0.08		
実施例34	(Co10Cr14Pt4Ta6W92-(Cr2O3)8	10	8	Co19Cr16Pt3B	10	3	3500	1200	54.0	19.4	3500	1200	54.0	19.4	0.20		
実施例35	(Co10Cr14Pt4Ta4W92-(Cr2O3)8	10	8	Co19Cr16Pt3B	10	3	3950	1650	52.0	19.9	3950	1650	52.0	19.9	0.16		
実施例36	(Co10Cr14Pt2Ru94-(Ta2O5)6	15	6	Co16Cr18Pt4R2Tb	10	3	3750	1600	51.0	19.1	3750	1600	51.0	19.1	0.17		
実施例37	(Co10Cr14Pt90-(TiO2)10	6	3	Co19Cr16Pt2B2Cu	24	0.7	3950	1800	49.0	19.3	3950	1800	49.0	19.3	0.15		
実施例38	(Co10Cr14Pt90-(SiO2)4-(Al2O3)6	25	15	Co19Cr16Pt2Ta2Nd	15	2	3850	1600	54.0	18.7	3850	1600	54.0	18.7	0.22		
実施例39	(Co10Cr18Pt5Cu)88-(MgO)8-(Y2O3)4	18	12	Co23Cr16Pt1Cu1B	12	7	4100	1650	52.0	19.3	4100	1650	52.0	19.3	0.16		

【 0 1 8 9 】

(実施例 40, 41) 垂直磁性層 4 の構成を表 3 に示した成膜順 (磁性層 4 b、磁性層 4 a) とし、また組成を表 3 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 40, 41 の磁気記録媒体の評価結果を表 3 に示した。

【 0 1 9 0 】

【 表 3 】

	磁性層4				磁性層4a				磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性 [%decade]
	磁性層4b 組成 [at%]	厚さ	成膜圧力	組成 [(at%)mol%]	厚さ	成膜圧力	静磁気特性 保磁力	-Hn	OW	S/N			
実施例40	Co12Cr16Pt	10[nm]	2[Pa]	(Co12Cr16Pt)93-(SiO2)7	10[nm]	6[Pa]	3650[Oe]	1550[Oe]	53[dB]	18.5[dB]	0.12		
実施例41	Co20Cr12Pt3Sm	6	0.7	(Co10Cr14Pt)94-(SiO2)6	16	4	3700	1650	52.0	18.6	0.12		

【 0 1 9 1 】

(実施例 4 2 ～ 4 4) 垂直磁性層 4 の構成を表 4 に示した成膜順 (磁性層 4 a、磁性層 4 b-1、磁性層 4 b-2) とし、また組成を表 4 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 2 ～ 4 4 の磁気記録媒体の評価結果を表 4 に示した。

【 0 1 9 2 】

【 表 4 】

	磁性層4 磁性層4a 組成 [at%]	磁性層4b-1			磁性層4b-2			磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性 [%decade]
		厚さ	成膜圧力	組成 [at%mol%]	厚さ	成膜圧力	組成 [at%mol%]	保磁力	-Hn	OW	S/N	
実施例42	(Co8Cr12Pt94/SiO2)6	14[nm]	5[Pa]	Co23Cr14Pt	6[nm]	0.7[Pa]	Co18Cr12Pt2Nd	4000[Oe]	1900[Oe]	49[dB]	20.9[dB]	0.11
実施例43	(Co8Cr12Pt94/SiO2)6	14	5	Co23Cr14Pt	6	0.7	Co14Cr18Pt2Cu	4150	1750	53	21.1	0.12
実施例44	(Co10Cr16Pt94/C2O3)5	12	9	Co16Cr12Pt2B	7	3	Co22Cr16Pt1W	4200	1850	51	21.2	0.11

【 0 1 9 3 】

( 実施例 4 6 , 4 7 ) 垂直磁性層 4 の構成を表 5 に示した成膜順 ( 磁性層 4 b - 1 、 磁

性層 4 a - 1、磁性層 4 b - 2、磁性層 4 a - 2、磁性層 4 b - 3) とし、また組成を次表 5 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 6、4 7 の磁気記録媒体の評価結果を表 6 に示した。

[ 0 1 9 4 ]

[ 表 5 ]

	磁性層 4a-1			磁性層 4b-2			磁性層 4a-2			磁性層 4b-3		
	組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	組成 [at%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]
実施例 46	Co <sub>20</sub> Cr <sub>14</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	4	0.7	Co <sub>14</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	4	6	Co <sub>14</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	6	Co <sub>20</sub> Cr <sub>14</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	4	0.7
実施例 47	Co <sub>20</sub> Cr <sub>14</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	4	0.7	Co <sub>14</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	4	6	Co <sub>14</sub> Cr <sub>16</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub> -(SiO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	4	6	Co <sub>20</sub> Cr <sub>14</sub> Pt <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	4	0.7

[ 0 1 9 5 ]

[ 表 6 ]

	磁気特性				
	静磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性
	保磁力 [Oe]	-Hn [Oe]	OW [dB]	S/N [dB]	[%decay]
実施例46	3950	1550	49.0	22.5	0.11
実施例47	4150	1600	49.0	22.7	0.10

【 0 1 9 6 】

( 実施例 4 8 ) 垂直磁性層 4 の構成を表 7 に示した成膜順 ( 磁性層 4 a 、磁性層 4 b - 1 、非磁性層 9 、磁性層 4 b - 2 ) とし、また組成を表 7 の組成に変えた他は、実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 4 8 の磁気記録媒体の評価結果を表 7 に示した。

【 0 1 9 7 】

【 表 7 】

磁性層4	磁性層4a		磁性層4b-1		非磁性層9		磁性層4b-2		磁性特性		記録再生特性		散乱率特性 [1/decade]
	組成 [(at%)mol%]	厚さ	組成 [(at%)]	厚さ	組成 [(at%)]	厚さ	組成 [(at%)]	厚さ	保磁力	-Hn	O/W	S/N	
実施例48	(Co12Cr17Pt1W9S-(AlO3)5)	10[nm]	Co24Cr16Pt	5[nm]	Co35Cr	2[nm]	Co19Cr12Pt3Re	6[nm]	3850[Oe]	1700[Oe]	48[dB]	22.9[dB]	0.13

【 0 1 9 8 】

(実施例49) 垂直磁性層4の構成を表8に示した成膜順(磁性層4a-1、非磁性層9、磁性層4a-2、磁性層4b)とし、また組成を表8の組成に変えた他は、実施例1



【表 8】

項目	特性 4				特性 4-1				特性 4-2				特性 4b		特性 4c		特性 4d	
	組成 (wt%)	密度 (g/cm³)	強度 (MPa)	延伸率 (%)	組成 (wt%)	密度 (g/cm³)	強度 (MPa)	延伸率 (%)	組成 (wt%)	密度 (g/cm³)	強度 (MPa)	延伸率 (%)	組成 (wt%)	密度 (g/cm³)	強度 (MPa)	延伸率 (%)	組成 (wt%)	密度 (g/cm³)
特性 4	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2
特性 4-1	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2
特性 4-2	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2
特性 4b	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2
特性 4c	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2
特性 4d	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2	1200	12	Co/100-1P/32-(MgO)12	4.2

【 0 2 0 1 】

【表 9】

磁性層4	磁性層4a-1				磁性層4a-2				磁性層4b				磁気特性		記録再生特性		記録歪み特性	
	組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	成膜速度 [(at%)mol%]	組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	成膜速度 [(at%)mol%]	組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	成膜圧力 [Pa]	成膜速度 [(at%)mol%]	静磁気特性	保磁力	-H <sub>in</sub>	QW	S/N	記録歪み [%]
実施例50	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	5	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	8	8	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	4	3	3900	1650	3900 [Oe]	1700 [Oe]	21.1 [dB]	50 [dB]	21.1	0.13
実施例51	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	5	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	8	8	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	4	3	3800	1650	3800 [Oe]	1650 [Oe]	21.5	50	21.5	0.13
実施例52	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	5	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	8	8	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	4	3	3950	1700	3950 [Oe]	1700 [Oe]	20.8	51	20.8	0.13
実施例53	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	5	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	8	8	8	Co <sub>12</sub> Cr <sub>15</sub> Pd <sub>30</sub> -(Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>10</sub>	4	3	3400	1450	3400 [Oe]	1450 [Oe]	19.4	53	19.4	0.15

## 【0202】

(実施例54) 洗浄済みのガラス基板(オハラ社製、外形2.5インチ)をDCマグネトロンスパッタ装置(アネルバ社製C-3010)の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度 $1 \times 10^{-5}$  Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上にCo-4Zr-7Nb{Zr含有量4at%、Nb含有量7at%、残部Co}のターゲットを用いて100℃以下の基板温度で100nmの軟磁性下地層2をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度 $B_s$  (T)と膜厚 $t$  (nm)の積 $B_s \cdot t$  (T・nm)が120 (T・nm)であることを振動式磁気特性測定装置(VSM)で確認した。

## 【 0 2 0 3 】

上記軟磁性下地層 2 の上に R u ターゲットを用いて、2 0 n m の厚さで成膜し、配向制御層 3 とした。

## 【 0 2 0 4 】

配向制御層 3 の上に、( C o 1 2 C r 2 0 P t ) 9 0 - ( S i O<sub>2</sub> ) 1 0 { C r 含有量 1 2 a t %、P t 含有量 2 0 a t %、残部 C o の合金組成を 9 0 m o l %、S i O<sub>2</sub> からなる酸化物を 1 0 m o l % } からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を 0 . 7 P a として磁性層 4 a を 1 0 n m の厚さで形成した。

## 【 0 2 0 5 】

次に、C o 2 0 C r 1 3 P t 3 B { C r 含有量 2 0 a t %、P t 含有量 1 3 a t %、B 含有量 3 a t %、残部 C o } からなるターゲットを用いて、スパッタ圧力を 3 P a として磁性層 4 b を 1 0 n m の厚さ形成した。

## 【 0 2 0 6 】

ついで C V D 法により膜厚 5 n m の保護層 5 を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層 6 を形成し、磁気記録媒体を得た。この実施例 5 4 の磁気記録媒体の評価結果を表 1 0 に示した。

## 【 0 2 0 7 】

【表 1 0 】

	配向制御層3		中間層B		磁気特性		記録再生特性		熱揺らぎ特性
	組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	組成 [(at%)mol%]	厚さ [nm]	静磁力 [Oe]	-Hn [Oe]	OW [dB]	S/N [dB]	
実施例 54	Ru	20	—	—	4200	1600	50	20.9	0.13
実施例 55	Pd	15	—	—	4300	1550	51	20.5	0.14
実施例 56	Pt	15	—	—	4500	1800	49	21.5	0.11
実施例 57	(Ru90-Ta10)	25	—	—	3600	1400	54	20.8	0.15
実施例 58	(Ni40Ta60)	25	—	—	3400	1100	55	19.6	0.21
実施例 59	(Pt94-Ta6)	30	—	—	3500	1250	54	20.4	0.19
実施例 60	(Pt94-Si4N6)	20	—	—	3600	1100	54	19.4	0.17
実施例 61	Ru	20	Co35Cr	2	4500	1750	50	21.5	0.11
実施例 62	Ru	20	C40Cr60Pt3Ta	3	4450	1800	49	21.8	0.11
実施例 63	Ru	20	(Co30Cr5Pt94-Cr2O3)6	5	3900	1550	50	21.1	0.14
実施例 64	Ru	20	(Co38Cr4Pt6B)92-(AlN)8	5	3800	1600	50	20.4	0.16
実施例 65	Ru	20	(Co38Cr4Pt6B)92-(BC)8	5	3400	1200	51	19.3	0.19
実施例 66	Ru	20	(Co38Cr4Pt6B)92-(Al2O3)8	8	3600	1350	51	19.5	0.17

【 0 2 0 8 】

(実施例 55 ~ 60) 配向制御層 3 の材料を表 10 に示した材料に変えた他は、実施例 54 に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例 55 ~ 60 の磁気記録媒体の評価結果を表 10 に示した。

【 0 2 0 9 】

(実施例 61) 洗浄済みのガラス基板 (オハラ社製、外形 2.5 インチ) を DC マグネトロンスパッタ装置 (アネルバ社製 C-3010) の成膜チャンバ内に收容して、到達真空度  $1 \times 10^{-4}$  Pa となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に  $\text{Co}_{40}\text{Zr}_{40}\text{Nb}_{20}$  (Zr 含有量 4 at%、Nb 含有量 20 at%、残部 Co) のターゲットを

用いて100℃以下の基板温度で100nmの軟磁性下地層2をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度 $B_s$  (T)と膜厚 $t$  (nm)の積 $B_s \cdot t$  (T·nm)が120 (T·nm)であることを振動式磁気特性測定装置 (VSM) で確認した。

【0210】

上記軟磁性下地層2の上にRuターゲットを用いて、20nmの厚さで成膜し、配向制御層3とした。

【0211】

配向制御層3の上に、中間層8としてCo<sub>35</sub>Cr {Cr含有量35at%、残部Co}のターゲットを用いて、2nmの厚さを形成した。

【0212】

中間層8の上に (Co<sub>12</sub>Cr<sub>20</sub>Pt)<sub>90</sub> - (SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub> {Cr含有量12at%、Pt含有量20at%、残部Coの合金組成を90mol%、SiO<sub>2</sub>からなる酸化物を10mol%} からなるターゲットを用い、スパッタ圧力を0.7Paとして磁性層4aを10nmの厚さで形成した。

【0213】

次に、Co<sub>20</sub>Cr<sub>13</sub>Pt<sub>3</sub>B {Cr含有量20at%、Pt含有量13at%、B含有量3at%、残部Co} からなるターゲットを用いて、スパッタ圧力を3Paとして磁性層4bを10nmの厚さ形成した。

【0214】

ついでCVD法により膜厚5nmの保護層5を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑層6を形成し、磁気記録媒体を得た。この実施例61の磁気記録媒体の評価結果を表10に示した。

【0215】

(実施例62～66) 中間層8を表10に示した材料に変えた他は、実施例61に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例62～66の磁気記録媒体の評価結果を表10に示した。

【0216】

(実施例67～78) 垂直磁性層4の材料、添加ガス、基板Bias等の条件を、表11に示した条件に変えた他は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。この実施例67～78の磁気記録媒体の評価結果を表11に示した。

【0217】

【表11】

【 0 2 1 8 】

表 1 において、実施例 5 と比較例 1、2、4、5、6、8、9、10 との比較から、本発明における垂直磁性層 4 を形成するにあたり、この垂直磁性層 4 を、Co を主成分とするとともに Pt を含みかつ酸化物を含む磁性層と、Co を主成分とするとともに Cr を含みかつ酸化物を含まない磁性層とで構成することの効果分かる。本発明の実施例 5 の方が、酸化物を含んだ磁性層のみの比較例 1、2 に比べて、逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) が大

きく向上し、熱揺らぎ特性および記録再生特性（S/N比、記録特性）において優れていることが解る。

【0219】

特に、実施例5と比較例6、7、8、9から、本発明においては、磁性層4bとしてCoを主成分とするとともに少なくともCrを含んでいることが重要であることが解る。

【0220】

実施例1と比較例3の比較から、垂直磁性層4を形成するにあたり、少なくとも1層は酸化物を含んだ磁性層が必要であることが分かる。

【0221】

実施例5、9～13の比較から、酸化物を含む磁性層4aの酸化物の含有量は、3mol%以上12mol%以下が好ましいことが解る。

【0222】

実施例5、14～17の比較から、酸化物を含む磁性層4aのCr含有量は、6at%以上16at%以下が好ましいことが解る。

【0223】

実施例5、18～20の比較から、酸化物を含む磁性層4aのPt含有量は、10at%以上20at%以下が好ましいことが解る。

【0224】

次に表2において、実施例21～25の比較から、酸化物を含まない磁性層4bのCr含有量は、14at%以上30at%以下の範囲が好ましいことが解る。

【0225】

実施例26～30の比較から、酸化物を含まない磁性層4bのPt含有量は、8at%以上20at%以下の範囲が好ましいことが解る。

【0226】

また、表2より、酸化物を含む磁性層4aの酸化物は、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>などが好ましいことが解る。また、複数種の酸化物を含む材料でもかまわないことが解る。

【0227】

垂直磁性層4に使われる材料として、Co、Cr、Ptの他に、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Reのうち選ばれた1種以上の元素が含まれていてもかまわないことが解る。

【0228】

表3から、垂直磁性層4の構成を、酸化物を含まない磁性層4b、酸化物を含む磁性層4aの順としてもかまわないことが解る。

【0229】

表4、表5、表6から、垂直磁性層4の構成を3種類の磁性層から形成してもかまわないことが解る。

【0230】

表7、表8および表9から、垂直磁性層4の任意の磁性層の間に、非磁性層9を形成することもできることが解る。

【0231】

また、垂直磁性層4の構成として、酸化物を含む磁性層を複数層形成することができることが解る。

【0232】

表10からは、配向制御層3として、Ru、Pt、Pdのhcp構造をとる金属材料の他に、酸化物、金属窒化物、金属炭化物を含んだ材料も使うことができることが解る。

【0233】

また、配向制御層3と垂直磁性層4の間に、中間層8を設けることができることが解る。

【0234】

表11からは、垂直磁性層4を形成する際のガス添加および基板Biasにより、特性が向上していることが解る。

【 0 2 3 5 】

## 【 発 明 の 効 果 】

以上説明したように、本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に少なくとも、直上の層の配向性を制御する配向制御層と、磁化容易軸が非磁性基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性層と、保護層とが設けられた垂直磁気記録媒体において、垂直磁性層が2層以上の磁性層からなり、少なくとも1層がC oを主成分とするとともにP tを含み、酸化物を含んだ磁性層であり、他の少なくとも1層がC oを主成分とするとともにC rを含み、酸化物を含まない磁性層からなることを特徴とし、これにより磁性粒子の微細化と磁気的な孤立化が促進され再生時における信号／ノイズ比（S／N）を大幅に向上することができ、また逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を向上させることで熱揺らぎ特性も向上し、さらに優れた記録特性（O W）を有した媒体を得ることができる。

## 【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 本発明における磁気記録媒体の一例の構造を示す縦断面図である。

【 図 2 】 垂直磁性層の構成を示す縦断面図である。

【 図 3 】 磁性層において磁性粒子が柱状構造とならない場合を示す図である。

【 図 4 】 M H 曲線の1例を示す図である。

【 図 5 】 M H 曲線の他の例を示す図である。

【 図 6 】 本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【 図 7 】 本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【 図 8 】 本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【 図 9 】 本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【 図 1 0 】 本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【 図 1 1 】 本発明における磁気記録媒体の他の例の構造を示す縦断面図である。

【 図 1 2 】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略図であり、（ a ）は全体構成を示し、（ b ）は磁気ヘッドを示す。

## 【 符 号 の 説 明 】

- 1            非磁性基板
- 2            軟磁性下地層
- 3            配向制御層
- 4            垂直磁性層
- 4 a , 4 a - 1 , 4 a - 2        酸化物を含んだ磁性層
- 4 b , 4 b - 1 , 4 b - 2 , 4 b - 3        酸化物を含まない磁性層
- 5            保護層
- 6            潤滑層
- 8            中間層
- 9 , 9 1 , 9 2            非磁性層
- 1 0          磁気記録媒体
- 1 1          媒体駆動部
- 1 2          磁気ヘッド
- 1 3          ヘッド駆動部
- 1 4          記録再生信号処理系
- 4 1          酸化物
- 4 2 , 4 3        磁性粒子



## フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 F 10/16

F I

H 0 1 F 10/16

テーマコード (参考)

(72) 発明者 清水 謙治

千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内

(72) 発明者 小林 一雄

千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内

(72) 発明者 酒井 浩志

千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内

(72) 発明者 及川 壮一

東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

(72) 発明者 岩崎 剛之

東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

(72) 発明者 前田 知幸

東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

(72) 発明者 中村 太

東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅工場内

F ターム (参考) 5D006 BB01 BB02 BB06 BB07 BB08 BB09 CA03 CA04 DA03 DA08

EA03 FA00 FA09

5D112 AA03 AA04 AA05 AA06 AA24 BB01 BB05 BD03 BD05 BD07

FA04 FB02 FB08

5E049 AA04 AC05 BA08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**